Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Universität München
Direktor: Professor Dr. Ewald Kraft

Wirtschaftlichkeit, Verarbeitung und Erprobung in vitro und in vivo der edelmetallreduzierten Gußlegierungen Stabilor G und NF IV

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Willi Triltsch
aus Freising

1983

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Universität München
Direktor: Professor Dr. Ewald Kraft

Wirtschaftlichkeit, Verarbeitung und Erprobung in vitro und in vivo der edelmetallreduzierten Gußlegierungen Stabilor G und NF IV

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Willi Triltsch
aus Freising

1983

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. E. Kraft
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 13.01.1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Druckerei Kirmair & Kalteis, 8200 Rosenheim

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	6
	1. Rechtliche und kassentechnische Vereinbarungen	6
	1.1. DIN-Norm 13906, 1975	6
	1.2. DIN-Norm 13906, 1980	6
	1.3. Richtlinien ab 1.1.1982	8
	1.4. Vereinbarungen zwischen Krankenkassen und KZBV	8
	2. Wirtschaftliche Aspekte	10
	3. Technische Daten und Indikationsgebiete	15
	4. Verfärbungen und Korrosion	17
	4.1. Korrosionsursache und Ablauf	17
	4.2. Chemischer Vorgang	18
	4.3. Normalpotentiale-Korrosionspotentiale	19
	4.4. Maßnahmen zur Verhinderung der Korrosion	22
III.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	24
	1. Verarbeitungshinweise	24
	1.1. Allgemeines	24
	1.2. Abformung, Einbettung und Vorwärmung	24
	1.3. Schmelzen und Gießen	26
	1.4. Homogenisieren, Aushärten	27
	1.5. Angießen und Löten	28
	1.6. Absäuern und Säubern	28
	1.7. Zusammenfassung der wichtigsten Verarbeitungshinweise	29
	2. Erprobung der Legierungen im Mund	30
	2.1. Anamnese und Eingliederung von 4 Inlays	30
	2.2. Anamnese und Eingliederung von 3 Brücken	31
	3. Verfahren zur Prüfung der Gußgenauigkeit	35
	3.1. Prüfungsmethodik in vivo	35
	3.2. Prüfungsmethodik in vitro	35

Seite

IV. ERGEBNISSE 39
1. Verarbeitung und Paßgenauigkeit der Legierungen in vivo 39
2. Anlaufbeständigkeit und Verfärbungen der Legierungen in vivo 40
3. Gußpräzisionsmessung der Legierungen in vitro 41

V. MIKROSKOPISCHE GEFÜGEUNTERSUCHUNGEN 44
1. Die Anordnung der Atome 44
2. Der Aufbau der Legierungen 44
3. Gefügevorbehandlung 46
4. Gußzersägung 47
5. Beurteilung der Güsse 49

VI. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 56

VII. ZUSAMMENFASSUNG 59

VIII. LITERATURVERZEICHNIS 61

I) EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Bis in das 19. Jahrhundert hinein waren die Metalle Gold, Silber und Kupfer die einzigen, die für Füllungen und Zahnersatz verwendet wurden. Blattgold wurde durch Einhämmern zu festsitzenden Füllungen verarbeitet, aus Blechen und Drähten fertigte man durch Zusammenlöten Zahnersatz (SUDHOFF, 1926; HARTLMAIER, 1965).
Erst durch die Einführung des Gießverfahrens war man Ende des 19. Jahrhunderts in der Lage, individuelle Füllungen und Zahnersatzarbeiten zu gestalten.
Zu Beginn des 20. Jahrhunderts stellte man fest, daß das teure Gold in den Legierungen zum Teil durch das wesentlich günstigere Platin ersetzt und ergänzt werden konnte. Die so entstandenen Platin-Goldlegierungen zeichneten sich durch höhere Anlaufbeständigkeit und bessere mechanische Eigenschaften aus, als die bisherigen (KNOSP, 1978,53).

Aus Kostengründen wurden 1930/35 "Blaßgolde" entwickelt, Legierungen, deren Goldgehalt wesentlich geringer als bisher und deren Farbe heller und gelber war. Ihr Feingoldgehalt betrug nur ca. 50%, die restlichen Bestandteile waren Palladium, Silber, Kupfer und Zink.(DEGUSSA, 1974,16)
Diese schon damals entwickelten blaßgelben Legierungen bilden die Basis für die in dieser Studie zu untersuchenden edelmetallreduzierten Legierungen.

Die bis 1935 wesentlichsten zahnärztlichen Edelmetall-legierungen kann man in 3 Gruppen einteilen: (WAGNER, 1981)

1. Legierungen aus Gold, Silber und Kupfer, mit einem sehr hohen Feingoldgehalt von 23 Karat[1)] = 96%

---

1) Die Angabe "Karat" wurde aufgegeben, da die chemische Beständigkeit einer aus Mischkristallen aufgebeuten Legierung vom Atomgehalt der edlen, chemisch beständigen Metalle abhängt. Die Anteile dieser Gold- und Platinmetalle werden nunmehr in Atom-Prozent ausgedrückt.

2. Legierungen aus Gold, Platin, Palladium, Silber, Kupfer, bei denen der Feingoldgehalt mindestens 70% betrug. Die Weiterentwicklung dieser Gruppe wird im Dentallegierungsprogramm von Degussa repräsentiert durch die Degulor-Gruppe.

3. Sparlegierungen aus Gold, Palladium, Silber und verschiedenen Unedelmetallen, bei denen der Feingoldgehalt 55% betrug.
Der namhafte Vertreter dieser Gruppe ist Duallor G, das auch heute noch im Handel ist.

Zur gleichen Zeit und auch aus Kostengründen wurden 1935 Legierungen auf Palladium-Silber-Basis entwickelt; sie bestehen aus 20-30% Palladium, 0-10% Gold, 55-70% Silber und der Rest aus Unedelmetallen (Kupfer, Zink). (RAUB/WÖRWAG, 1955)
Da diese Gruppe (bei Degussa: Palliag W/M, s. Tabelle 7), trotz im allgemeinen ausreichender Mundbeständigkeit, sich unter bestimmten Bedingungen verfärben kann, fand sie in der Zahntechnik nur in den Zeiten der Goldverknappung vor 1950 in größerem Umfang Verwendung. Sie wird jedoch heute kurzfristig aus Kostengründen für funktionstherapeutische Maßnahmen durchaus eingesetzt.

Wie oben unter 2) erwähnt, wurde von Degussa ab 1950 eine Standardlegierungsgruppe - Degulor A,i,B,S.C,M,MO (s.Tab.7)- kontinuierlich aufgebaut und in den 70er Jahren mit Degulor NF IV erweitert. Diese Gruppe deckt mit ihren abgestuften Eigenschaftswerden bis heute alle Indikationsgebiete lt. Tab.7 ab. Sie wird nach wie vor in nahezu allen Zahnarztpraxen und zahnärztlichen Labors verwendet und gewährleistet eine für den Patienten optimale,aber kostenintensive Versorgung.

Die Degulor-Gruppe weist einen hohen Massengehalt an Feingold- und Platinmetallen (je nach mechanischen Eigenschaften 75,5 - 88,5%) und eine große Dichte (15,6 - 17,3 g/cm^3) auf; dies erklärt den hohen Grammpreis dieser Legierung.
Meine Kritik an der Degulor-Gruppe bezieht sich rein auf die wirtschaftliche Seite.
Die Alternative dazu ist, wie umseitig unter 3) erwähnt, das seit den 30er Jahren bekannte und eingeführte Duallor G, eine Gold-Palladium-Legierung von hellgelber Farbe (Massengehalt an Gold und Platinmetallen 63,0%, Dichte 13,9 g/cm^3). Diese Legierung wurde im Rahmen der Produktpflege von Degussa weiterentwickelt und verfeinert.
1963 wurde ihr eine neue preisgünstige Gold-Palladium-Legierung mit dem Namen Stabilor G (Massengehalt an Gold und Platinmetallen 63,7%, Dichte 14,4 g/cm^3) zur Seite gestellt. Stabilor G bietet die annähernd gleichen mechanischen Eigenschaften und technischen Werte wie das hochkarätige Degulor M. (WEIKART, 1966, WAGNER, 1981)

Eine neue Gruppe von Goldlegierungen wurde im Jahre 1962 in Zusammenarbeit mit der Firma Vita, Bad Säckingen (Verblendmetallkeramik, Degudent-VMK) entwickelt. (DEGUSSA, 1974)
Diese Gruppe, die zum Aufbrennen keramischer Massen geeignet ist, wird in dieser Studie nicht behandelt.

Bei der Untersuchung von Verfärbungen an Degulor-Legierungen stellte man fest, daß diese in beachtlichem Maße dem in den Legierungen enthaltenen Kupfer zuzuschreiben sind. Ausgehend von dieser Tatsache entwickelte Degussa für die hochkarätige Degulor-Gruppe im Jahre 1977 eine neue kupferfreie Gold-Platin-Palladium-Silber-Legierung mit dem Namen Degulor NF IV (NF = Neue Formel; IV = entsprechend ihrer mechanischen Eigenschaft).

Diese Legierung ist die kostenintensivste der harten Degulor-Legierungen, da sie einen Massengehalt an Gold und Platinmetallen von 86,0% und eine Dichte von 16,8 g/cm^3 aufweist (s. Tab.7).

Als Alternative entwickelte Degussa etwa zur gleichen Zeit (1976/77) eine neuartige kupferfreie Sparlegierung, die den Namen Stabilor NF IV (NF = Neue Formel, IV = mechanische Eigenschaft) erhielt. Diese Legierung wurde am 13.11.1974 angemeldet, am 26.5.1976 offengelegt und erschien im April 1977 erstmals im Handel (DEGUSSA-Patentschrift 24 53 799). Sie ähnelt in ihren Eigenschaften der neuen kupferhaltigen, edelmetallreduzierten Legierung Stabilor G.

Wegen der steigenden Bedeutung der Kosteneinsparung sowohl für den Hauptkostenträger (Krankenkassen) als auch für den Patienten (Eigenanteil an den Labor- und Materialkosten 40%) soll die vorliegende Arbeit beweisen, daß die nach DIN 13906 an Gold und Platin reduzierten Edelmetallegierungen den teureren, hochkarätigen Goldlegierungen nahezu ebenbürtig sind.Eine mögliche Niveausenkung auf technischem Gebiet und/oder ein Gesundheitsrisiko für den Patienten ist zu vermeiden. Ferner soll diese Studie Studenten der Zahnheilkunde wertvolle Verarbeitungshinweise für "Spargolde" und Aufschluß über mögliche Fehlerquellen geben.
Zu diesem Zweck wurden in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Zahnersatz und Prothetik der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, und Kieferkrankheiten der Universität München unter Leitung von Professor Dr. E. Kraft 4 Inlays und 3 dreigliedrige Brücken, davon eine gelötet, hergestellt und zwei Patienten für die Zeit von 5 Monaten eingesetzt.
Aus dem Degussa-Dentallegierungsprogramm wurde als kupferhaltige, edelmetallreduzierte Legierung Stabilor G und als kupferfreie, edelmetallreduzierte Legierung Stabilor NF IV zur Herstellung der Arbeiten ausgewählt.

Beide sind, wie schon erwähnt, praxiserprobte Endprodukte einer Produktpalette von Degussa, in die der neueste Stand an technischem Wissen und praktischer Erfahrung eingeflossen ist.
Sie gehören auf Grund ihres reduzierten Goldgehaltes und der aufhellenden Farbe des Palladiums zu den "Blaßgolden"; ihre Vorgänger waren früher allgemein bekannt und sind viel verwendet worden.
Diese Studie prüft in vitro und in vivo folgende Aussage: Stabilor G und Stabilor NF IV sind " in ihrem chemischen Verhalten und in ihren mechanischen Eigenschaften den Platingolden ebenbürtig und ihr Verhalten im Mund läßt in Nichts zu wünschen übrig " (WAGNER, 1980).

II) LITERATURÜBERSICHT

1. Rechtliche und kassentechnische Vereinbarungen

1.1. DIN-Norm 13906, 1975

In der deutschen Norm, DIN-13906, Zahnärztliche Werkstoffe, Goldgußlegierungen, August 1975,wurden 4 Typen von Gußlegierungen mit einem Mindestmassengehalt an Gold- und Platinmetallen von 75% - 83% und mit bestimmten Anforderungen bezüglich der Härte, Zugfestigkeit, Dehngrenze und Bruchdehnung festgelegt.
Die deutsche Norm deckte sich weitgehend mit der Empfehlung R 1562 (3.Entwurf, Februar 1978) der International Organisation For Standardisation bezüglich "Dental Casting Gold Alloy".
In Tab.1 sind diese Forderungen auszugsweise wiedergegeben.

1.2. DIN-Norm 13906, 1980

Der deutsche DIN-Entwurf 13906 wurde im Mai 1980 dahingehend abgeändert, daß für alle Legierungstypen ein einheitlicher Mindestmassengehalt an Gold- und Platinmetallen von nunmehr 75% vorgesehen wurde.
Die übrigen Forderungen wurden, wie in umseitig stehender Tab.1 aufgeführt, beibehalten.

Tab.1 DIN-Norm 13906, 1975 (Auszüge)

Typ	Gold und Metalle der Platin-Gruppe* Massen-% min.	Vickers-Härte HV 5/30 nach DIN 50 133			0,2%-Dehngrenze R_p 0,2 nach DIN 145		Zugfestigkeit nach DIN 50 145	Bruchdehnung A nach DIN 50 145	
		abgeschreckt		ausgehärtet	abgeschreckt	ausgehärtet	ausgehärtet	abgeschreckt	ausgehärtet
		min.	max.	min.	N/mm² min.	N/mm² min.	N/mm² min.	% min.	% min.
I	83	50	90	—	80	—	—	18	—
II	78	90	120	—	180	—	—	12	—
III	78	120	150	—	240	—	—	12	—
IV	75	150	—	220	330	450	(620)	10	2

1.3. Richtlinien ab 1.1.1982

Die neuen Richtlinien vom 1.1.1982 empfehlen zur Herstellung von Inlays, Kronen und Brücken ohne und mit Kunststoffverblendung Edelmetallegierungen, deren Gehalt an Gold-und Platinmetallen nicht mehr als 75%, aber nicht weniger als 60%, bei einem Mindestgehalt an Feingold von 50%, beträgt. Dieser etwas umständlich erscheinende Text bezieht sich konkret auf Edelmetallegierungen, die lediglich einen gegenüber den Goldgußlegierungen nach DIN 13906 reduzierten Massenanteil an Gold und Platin haben. Die Umschreibung für edelmetallreduzierte Legierungen ist deshalb so gewählt, um Risiken bei ihrer Verwendung für Zahnersatz auszuschalten oder zu mindest möglichst klein zu halten.
Innerhalb obiger Definitionsgrenzen bewegen sich genau die hier zu untersuchenden Legierungen Stabilor G und NF IV. Nach den neuen Richtlinien können jedoch auch Legierungen oberhalb der angegebenen Werte wie auch Legierungen unterhalb der angegebenen Werte, also auch ganz edelmetallfreie Legierungen,verwendet werden. Die Entscheidung hierüber liegt im Ermessen des Zahnarztes.

1.4. Vereinbarungen zwischen Krankenkassen und KZBV

Nach der am 1.1.1982 in Kraft getretenen Richtlinienänderung für Edelmetallegierungen wurden auch zwischen den Spitzenverbänden der Krankenkassen und der kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung (KZBV) darauf abgestimmte neue Vereinbarungen getroffen. Sie lauten auszugsweise:

1. Die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und die Bundesverbände der Krankenkassen sowie die Bundesknappschaft legen bei der Versorgung mit Zahnersatz und mit Zahnkronen zur Abrechnung der Kosten für dentale Edelmetallegierungen DM 23.- je Gramm fest. Dies gilt nicht für Silberpalladium-Legierungen, für die die tatsächlichen Kosten anzusetzen

sind. Auf Antrag einer der Parteien ist über die Änderung des im Satz 1 genannten Betrages zu verhandeln.

2. Die getroffene Regelung wird von den Vertragsparteien nach Vorliegen der Abrechnungsergebnisse für 12 Monate überprüft.

3. Diese Vereinbarung kann mit einer Frist von 3 Monaten, erstmalig zum 30.Juni 1983 gekündigt werden. Die Vertragspartner verpflichten sich, im Falle der Kündigung unverzüglich in Verhandlungen einzutreten. Endet diese Vereinbarung durch Kündigung, so tritt an ihre Stelle die Regelung, die bis zum 31.Dezember 1981 galt.

4. Diese Vereinbarung tritt rückwirkend zum 1.Januar 1982 in Kraft. Sie gilt für alle Vordrucke nach den Anlagen 3a und 3b zum BMV-Z, die ab dem 1.Januar 1982 ausgestellt werden.

Köln/Bonn-Bad Godesberg/Kassel/Essen/Bochum,
den 14.Juli 1981

2. Wirtschaftliche Aspekte

Unter diesem Punkt ist nicht nur die Goldpreisentwicklung der letzten Jahre zu berücksichtigen, sondern auch die geringere Dichte der Sparlegierungen Stabilor G und NF IV (14,4 bzw. 13,8 g/cm^3) gegenüber Degulor M (15,7 g/cm^3). Daraus ergibt sich ein geringerer Materialverbrauch. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist jedoch der Massengehalt an Gold- und Platinmetallen in einer Legierung. Degulor M weist mit 76,5% einen wesentlich größeren Anteil daran auf als Stabilor NF IV mit 65,0% und Stabilor G mit 63,7%.

Für die Kostenträger, Patienten und vor allem die Krankenkassen waren die Goldpreissteigerungen 1979 auf 1980 alarmierend. Der Preis für 1 Gramm Degulor M stieg von DM 14,90 (23.1.1979) auf DM 26,50 (19.12.1979) und DM 40,70 (22.1.1980), Der Durchschnittspreis lag von 1980 bis 1982 bei DM 32.- Der Preis für 1 Gramm Stabilor G bzw. NF IV stieg von DM 12,80 (23.1.1979) auf DM 21,40 (19.12.1979) und DM 33,30 (18.1.1980); 1980 bis 1982 lag der durchschnittliche Preis bei DM 25.- und damit DM 7.- pro Gramm unter dem von Degulor M.
Die Preissteigerungen in Prozent betrugen für 1 Gramm Legierung von 1980 bis 1982 für

Degulor M	110%
Stabilor G bzw. NF IV	96%

Umseitige Tabelle zeigt die Preisentwicklung für Degulor M, Stabilor G und Stabilor NF IV vom Jahre 1975/77 bis heute auf.

Tab.2 Preisentwicklung der drei Legierungen 1975-1982

Jahr		Degulor M Datum	Degulor M Preis in DM	Stabilor G Datum	Stabilor G Preis in DM	Stabilor NF IV Datum	Stabilor NF IV Preis in DM
1975	H	20.1.	15,30	20.1.	13,10		
	N	24.9.	13,30	14.10.	11,70	noch nicht im Handel	
	Ø	14,40 DM/g		12,40 DM/g			
1976	H	15.1.	13,40	15.1.	11,50		
	N	29.8.	11,20	25.8.	9,90	-"-	
	Ø	12,60 DM/g		10,70 DM/g			
1977	H	4.10.	13,20	4.10.	11,60	4.10.	11,70
	N	3.2.	12,40	3.2.	10,90	5.4.	11,60
	Ø	12,80 DM/g		11,25 DM/g		11,65 DM/g	
1978	H	11.10.	14,70	11.10.	12,60	11.10.	12,60
	N	3.4.	13,30	3.4.	11,60	3.4.	11,60
	Ø	14.- DM/g		12,10 DM/g		12,20 DM/g	
1979	H	19.12.	26,50	19.12.	21,40	19.12.	21,40
	N	23.1.	14,90	23.1.	12,80	23.1.	12,80
	Ø	20,20 DM/g		17,10 DM/g		17,10 DM/g	
1980	H	22.1.	40,70	18.1.	33,30	18.1.	32,80
	N	19.3.	28,80	19.3.	23,30	21.7.	21,80
	Ø	34,75 DM/g		28,30 DM/g		27,30 DM/g	
1981	H	12.5.	32,80	12.5.	27.-	12.5.	26,40
	N	24.11.	27,60	24.11.	23,20	1.12.	22,60
	Ø	30,20 DM/g		30,10 DM/g		24,50 DM/g	
1982	H	7.9.	34,70	7.9.	27,10	7.9.	28,20
	N	22.6.	24,10	22.6.	20,40	22.6.	19,40
	Ø	29,40 DM/g		23,75 DM/ g		23,80 DM/g	

Erläuterung zur Tabelle: H = Höchststand
N = Niedrigststand
Ø = Durchschnittspreis eines Jahres

Aus Tabelle 3 wird ersichtlich, daß durch die Verwendung von Stabilor G und NF IV an Stelle von Degulor M die Einsparung der Kosten nicht nur bei 14% liegt, sondern unter Berücksichtigung der niedrigeren Dichte der Sparlegierungen real bis zu 25,7% bzw. 27,8% beträgt.

Tab. 3 Preisvergleich unter Berücksichtigung der Dichte

	Dichte $gr./cm^3$	Einsatz an gr.	%	Preis in DM	%	Einsparung
Degulor M	15,7	10	100	29,40x10 = 294.-	100	-
Stabilor G	14,4	9,2	92,0	23,75x9,2 = 218,50	74,3	25,7%
Stabilor NF IV	13,8	8,8	88,0	23,80x8,8 = 209,45	71,2	27,8%

Basis der Preisangaben: Jahresdurchschnitt 1982

Tab.4 Material/Kostenvergleich für den Patienten (Eigenanteil 40% an den Labor- und Materialkosten)

	Einsatz in Gramm	Kosten	40% Eigenanteil
Degulor M	10/20	294.-/588.-	118.-/236.-
Stabilor G	10/20	218.-/436.-	87.-/174.-
Stabilor NF IV	10/20	209.-/418.-	83.-/166.-

Materialkostenersparnis für den Patienten in DM(gerundet):
bei kleineren Arbeiten bis 10g ca. 30.- bis 35.-
Bei Brücken, Quadrantensanierung bis 20g. ca. 60.- bis 70.-

Der Goldverbrauch in der Zahnheilkunde betrug weltweit für Dentalgoldlegierungen im Jahre 1978 ca. 87,0 t. Den größten Anteil davon beanspruchte die BRD mit 29,5 t. (Vgl. USA 21,0 t.)
Im Jahre 1979 lag der Verbrauch in der BRD bereits bei 32 t. Dies entspricht zwar nur einer Material-Steigerungsrate von 7,8%, die Preis-Steigerungsrate betrug jedoch, bedingt durch das Ansteigen des Goldpreises, 43,5% bzw. 225 Mio. DM.

Tab.5 Goldverbrauch in Tonnen

	1978	1979	Steigerung
RVO-Kassen	15 t	15,9 t	6%
Ersatz-Kassen	11,53 t	12,70 t	10,9%
Privat-Kassen u. Sonstige	2,95 t	3,15 t	6,4%
Gesamt	29,48 t	31,84 t	7,8%

Tab.6 Goldverbrauch in Mio. DM

	1978	1979	Steigerung
RVO-Kassen	260,1	366,18	40,8%
Ersatz-Kassen	203,27	299,93	47,6%
Privat-Kassen u. Sonstige	51,5	73,10	42,0%
Gesamt	514.87	739,21	43,5%

Der geschätzte Verbrauch in der BRD für das Jahr 1980 liegt ebenfalls bei 32t. Bei einem Durchschnittspreis aller Dentalgoldlegierungen von DM 39.-/g in diesem Jahr ergibt sich sogar eine Kostensteigerung um 68,8% (1.248 Mio.DM).

Der geschätzte Verbrauch in der BRD für das Jahr 1981 liegt wie 1979 und 1980 bei 32t. Bei einem gefallenen Goldpreis von DM 33.-/g in diesem Jahr ergibt sich immer noch eine Kostensteigerung von 42% (1.056 Mio. DM) (FZV, 1981).

Abschließend wäre festzustellen, daß rein statistisch gesehen eine Einsparung von 120 bis 150 Mio.DM pro Jahr für die Krankenkassen in der BRD durchaus möglich wäre, wenn nur die Hälfte aller verwendeten hochkarätigen Dentalgoldlegierungen in Zukunft durch edelmetallreduzierte Dentalgoldlegierungen ersetzt würden.

3. Technische Daten und Indikationsgebiete

Um den Unterschied der beiden neuen zu untersuchenden Legierungen untereinander und gegenüber dem hochkarätigen Degulor M zu verdeutlichen, ist es aufschlußreich, ihre Metallkomponenten aufzuzeigen. (DEGUSSA Patentschrift 24 53 799, 1978 ,DEGUSSA Offenlegungsschrift 29 08 203, 1980, DEGUSSA Brief Nr. 40,1969, WAGNER in EICHNER, 1981) Die genaueste Zusammensetzung von Stabilor G und NF IV wird vom Hersteller natürlich nicht preisgegeben; auf Grund meiner Nachforschungen sieht sie folgendermaßen aus:

	Stab. G	Stab. NF IV
Massengehalt an Gold u. Platinmetallen	63,7%	65,0%
Edelmetalle	Gold 58,0%	Gold 55,0%
	Palladium 5,7%	Palladium 10,0%
	Silber 23,3%	Silber 29,0%
Edelmetalle Gesamt	87,0%	94,0%
Nichtedelmetalle	Kupfer/Zink	Indium 4,0%
		Zinn 1,0%
		Zink 1,0%
Nichtedelmet. Gesamt	13,0%	6,0%

	Degulor M
Massengehalt an Gold- und Platinmetallen	76,5%
Gold	70,0%
Platinmetalle	6,5%
Silber	13,5%
Edelmetalle Gesamt	90,0%
Nichtedelmetalle	Kupfer/Zink
Nichtedelmet. Gesamt	10,0%

Tab.7 Stabilor G, Stabilor NF IV im Vergleich mit der gesamten Degulor- und weißen Palliag-Reihe (DEGUSSA, 1982)

Legierungen	Indikationen*	Typ	Gehalt an Gold und Platinmetallen Massengehalt in %	Farbe	Schmelz-Intervall °C	Vorwärmtemperatur der Gußformen aus Deguvest* HFG °C	Vickershärte** HV 5 w	a	g	Zugfestigkeit** N/mm² w	a	0,2 %-Dehngrenze** N/mm² w	a	Bruchdehnung** % w	a	Dichte g/cm³
Degulor® A	1	I, weich	88,5	sattgelb	1080-1030	750	55[1]	–	55	170	–	80	–	45	–	17,2
Degulor® I	2	I, weich	86,0	gelb	1130-1020	750	60[1]	–	60	230	–	80	–	40	–	17,3
Degulor® B	3	II, mittel	80,5	gelb	1040- 960	750	95[1]	–	95	370	–	180	–	40	–	16,1
Degulor® S	3	II, mittel	81,2	sattgelb	990- 900	700	110[1]	–	110	390	–	240	–	35	–	16,4
Degulor® C	4	III, hart	78,5	gelb	975- 900	700	145[1]	170[3]	160	460	550	330	350	40	23	15,8
Degulor® M	5	IV, extrahart	76,5	gelb	970- 900	700	170[1]	235[4]	235	520	740	400	620	30	17	15,7
Degulor® MO	5	IV, extrahart	75,5	gelb	990- 900	700	195[1]	275[4]	175	580	870	420	780	33	11	15,6
Degulor® NF IV	7	IV, extrahart	86,0	hellgelb	1100- 980	850	155[2]	230[5]	180	500	720	375	615	13	5	16,8
Stabilor® G	4,5	extrahart	63,7	gelb	940- 860	700	170	275	275	510	890	400	830	33	6	14,4
Stabilor® NF IV	7	extrahart	65,0	hellgelb	1065- 940	850	150	220	205	485	640	310	555	21	7	13,8
Palliag® W	1, 2, 3	weich	29,5	weiß	1180-1080	750	55	–	55	230	–	80	–	33	–	11,1
Palliag® M	4,5	extrahart	29,5	weiß	1040- 950	700	140	310	170	510	950	320	940	31	3	11,1

w = weich: [1]) 15 min/750 °C abgeschreckt, [2]) 15 min/800 °C abgeschreckt } Wärmebehandlungen für die Prüfung
a = ausgehärtet: [3]) w+15 min/450 °C, [4]) w+15 min/400 °C, [5]) w+15 min/500 °C } von Legierungen nach DIN 13906
g = erreichbare Härte durch langsames Abkühlen in der Gießform bzw. nach dem Keramikbrand.

* Die Zahlen 1–10 stehen für nebenstehende Anwendungsbereiche:

1 = Einflächenfüllungen

2 = Angußfähige Kronenringe und Gußteile; Retentionsdrähte

3 = Kronenringe; geprägte sowie gegossene Facetten und Kauflächen

4 = Mehrflächenfüllungen; Kronen; Brücken mit kleinen Spannweiten

5 = Mehrflächenfüllungen; Kronen; gefräste Teleskope; Stege und Geschiebe; Brückenteile aller Art; Modellgußprothesen

6 = Drahtklammern

7 = Mehrflächenfüllungen; Kronen; Brückenteile aller Art; gefräste Teleskope; Stege und Geschiebe

4. Verfärbungen und Korrosion

4.1. Korrosionsursache und -ablauf

Im Gegensatz zu Stabilor G enthält Stabilor NF IV kein Kupfer, sondern als Unedelmetallzusatz Indium, Zinn und Zink. Diese Zusätze erhöhen die Festigkeit und senken den Schmelzbereich der Legierung (s. Kapitel V 2. u. 5.).
Der Verzicht auf Kupferzusatz stellt sich nur insofern als Nachteil heraus, als die Duktilität der kupferfreien Legierung deutlich niedriger ist als die der kupferhaltigen, d.h. die Gefahr von Brüchen bei Verformungen ist größer. Außerdem bietet Kupfer den Vorzug einer Intensivierung der Goldfarbe (DEGUSSA Offenlegungsschrift 29 08 203, 1980).

Der große Vorteil der kupferfreien Legierung Stabilor NF IV ist jedoch, daß Kupfer als entscheidender Faktor für Verfärbungen entfällt.
Es ist bekannt, daß Dentalgoldlegierungen sich im Munde verfärben können, wenn sich Lokalelemente ausbilden, die auf differentielle Belüftung der Gußobjekte zurückzuführen sind. Speziell Lunker, Poren, Spalten und Nischen in der Oberfläche von Gußstücken stellen Belüftungselemente dar. Die von Speichel und Luft umgebene Oberfläche wird dabei zur Kathode, die an Sauerstoff armen Gebiete in der Tiefe der Lunker werden zur Anode. Die Legierungskomponenten, die unedler sind als Sauerstoff, wie z.B. das Kupfer, gehen als Ionen in Lösung,wandern zu den kathodischen Bezirken und scheiden sich ab. Unter Einwirkung von Nahrungsmitteln und Luft wandeln sie sich in deutlich sichtbare Oxid- und/oder Sulfidfilme um. Vor allem bei Teleskop- und Konusarbeiten, Stege und Hülsen ist der primäre Teil stets schlechter belüftet als die sekundäre Hülse oder Krone, so daß kupferfreie Legierungen besonders für dieses Gebiet induziert sind (DEGUSSA-Brief Nr.19, 1952; WAGNER, 1977; WEIKART,1960; GERISCHER, 1962; EICHNER, 1981)

4.2. Chemischer Vorgang

Als Bezugselektrode bei der Messung von Spannungsdifferenzen wird international die Wasserstoffelektrode gewählt. Ihr Potential wird gleich Null gesetzt. Die Norm-Wasserstoffelektrode besteht aus einem Platinblech, das in eine Säurelösung mit 1-normaler Wasserstoffionenkonzentration taucht. Das Blech wird von Wasserstoff von $10{,}15 \times 10^4$ Pascal (760 Torr) umspült. Der Vorgang entspricht

$$H_2/Pt \rightleftarrows 2H + 2e$$

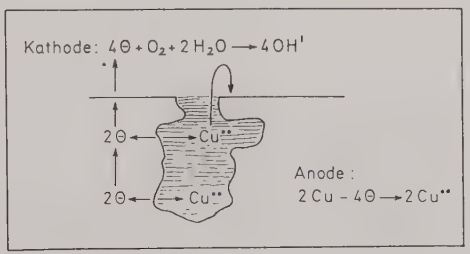
d.h. aus Wasserstoffmolekülen entstehen Wasserstoffionen oder bei umgekehrter Richtung werden Wasserstoffionen unter Bildung von neutralen Wasserstoffmolekülen entladen. Genauso wie eine Wasserstoffelektrode läßt sich eine Sauerstoffelektrode mit einem von Sauerstoff umspülten Platinblech aufbauen. Das Normalpotential bei einem Sauerstoffdruck von $10{,}15 \times 10^4$ Pascal (760 Torr) in einer normalen Lösung von OH-Ionen beträgt + 0,41 V , in neutraler Lösung ca. + 0,8 V. Die Vorgänge in einer Sauerstoffelektrode können durch die Gleichung

$$O_2 + 4e + 2\,H_2O \rightarrow 4\,OH^-$$

ausgedrückt werden, d.h. die Elektrode verbraucht, als Kathode wirkend, gasförmigen Sauerstoff unter Bildung von Hydroxylionen.
Die Sauerstoffelektrode ist also viel edler als die Wasserstoffelektrode oder Kupferelektrode (Standardpotential + 0,35 V, in Speichel + 0,1 - 0,3 V). Kupfer kann daher grundsätzlich durch Sauerstoff in seine Ionen übergeführt werden; es ist stets einzukalkulieren, daß ein Belüftungelement bei kupferhaltigen Legierungen wie Stabilor G Verfärbungen auslöst.
Kupferionen können sich an gut belüfteten Stellen als metallischer Kupferfilm niederschlagen, der sich besonders unter der Einwirkung von Schwefelverbindungen rasch verfärbt,

oder sie bilden mit OH-Ionen ein Kupferoxyd, das wiederum mit Schwefelsubstanzen reagiert und Schädigungen hervorruft. Folgendes Schema zeigt ein Lokalelement hervorgerufen durch unterschiedliche Belüftung.

Abb.1 Bildung von Lokalelementen



(WAGNER in EICHNER, 1981, Dr. A.Hüthig Verlag, 1974; Offenlegungsschrift 21 39331, 1971; Offenlegungsschrift 24 53 799, 1974; Offenlegungsschrift 25 09 476, 1975)

4.3. Normalpotentiale - Korrosionspotentiale

Um die verschiedenen Metalle vergleichen zu können, mißt man ihre Poteniale in Lösungen, die 1 mol der entsprechenden Ionen pro Liter enthalten. Sie heißen, bezogen auf die Wasserstoffelektrode, Normalpotentiale. Man kann die einzelnen Metalle, die in den üblichen Dentallegierungen enthalten sind, nach ihren Normalpotentialen anordnen (s.Abb.2). So erhält man eine Spannungsreihe, die exakter und abgestufter ist als die Einteilung in unedle und edle Metalle. Aus der Spannungsreihe läßt sich ablesen, welches Metall imstande ist, ein anderes aus seiner Salzlösung auszufällen (z.B. $2Ag^{+} + Cu \rightarrow Cu^{++} + 2Ag$).

Ferner ergibt sich daraus, daß das tieferstehende Metall stets zur Anode wird, wogegen das höherstehende edlere Metall die Kathode bildet.
Nach der gleichen Methode wie die Normalpotentiale können auch Korrosionspotentiale von Legierungen bestimmt werden. Diese sind Potentiale, die Legierungen in Lösungen, die frei von den Ionen ihrer Salze sind (z.B. Speichel), annehmen. Sie sind nur unter den jeweiligen speziellen Bedingungen gültig und unterscheiden sich wesentlich von den Normalpotentialen. Die Korrosionspotentiale sind jedoch maßgebend für die Korrosionsbeständigkeit der Legierungen. Sie sind in Abb.2 den Nomalpotentialen gegenübergestellt.

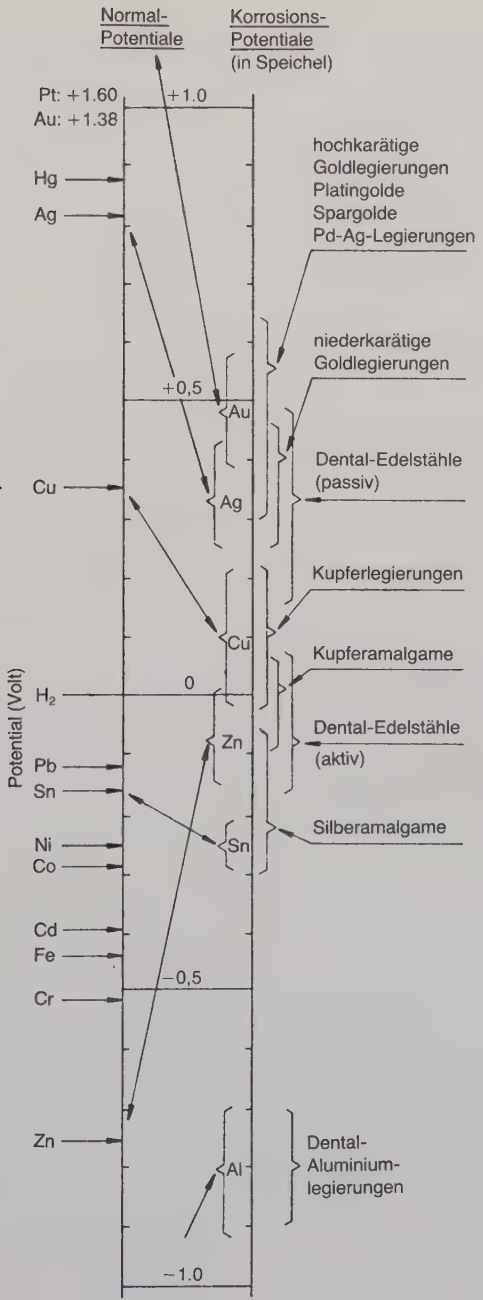


Abb.2 Normalpotentiale-Korrosionspotentiale von Metallen

Betrachtet man in Abb.2 die Korrosionspotentiale von hochkarätigen und edelmetallreduzierten Legierungen näher, kommt man zu der Erkenntnis, daß beide Legierungsarten nahezu gleiches Korrosionspotential besitzen; d.h. auftretende Korrosionen bzw. Verfärbungen sind ab einer bestimmten Grenze nicht mehr an den Feingoldgehalt einer Legierung gebunden. G.Tammann hat bereits vor 70 Jahren gezeigt, daß Au-Ag und Au-Cu-Legierungen selbst von Salpetersäure nicht mehr angegriffen werden, wenn der Atomgehalt an Feingold mehr als 50% beträgt. Diese Resistenzgrenze erfüllen sowohl Stabilor G als auch Stabilor NF IV im Übermaß.(GERISCHER, 1962; WAGNER, 1977/1981, SCHRIEVER u. DIAMOND, 1952; PHILLIPS, 1957; STEGEMANN, 1956)

4.4. Maßnahmen zur Verhinderung der Korrosion

Verfärbungen und Korrosion an Gußlegierungen werden meist nicht primär durch elektrochemische Vorgänge ausgelöst, sondern sind oft sekundäre Folgen von Verarbeitungs- oder Herstellungsfehlern durch Zahnarzt und/oder Techniker. Die zu vermeidenden Primärursachen lassen sich folgendermaßen aufgliedern (s. Abb.3-6):

1. Elementbildung zwischen verschiedenartigen Legierungen
   z.B. zwischen einer Goldlegierung und Amalgamfüllung, die in ständigem und direkten Kontakt miteinander stehen.
2. Bildung von Lokalelementen bei heterogenen Legierungen
   z.B. Korrosion bei mit Fremdmetallen verunreinigten Goldlegierungen
3. Bildung von Lokalelementen bei Legierungen, die in Folge unkorrekter Verarbeitung ihre Homogenität verloren haben
   z.B. inhomogener, dendritischer Guß; Schichtkristall mit Konzentrationsunterschieden; heterogene Stellen im Gußgefüge durch Einschlüsse von Oxiden, Sulfiden, Einbettmassepartikeln.

(DEGUSSA Brief Nr.19, 1952; DEGUSSA Brief Nr.37, 1965; WAGNER, 1981)

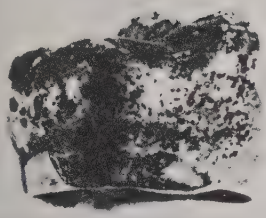


Abb. 3 Krone aus Stabilor mit Verfärbungen, hervorgerufen durch Lunker. (V = 3 : 1)

Abb. 5 Lunker im Gefüge der Stabilor-Krone. (V = 80 : 1)

Abb. 4 Teleskopkrone mit punktförmigen Verfärbungen, hervorgerufen durch Oberflächenlunker. (V = 2,5 : 1)

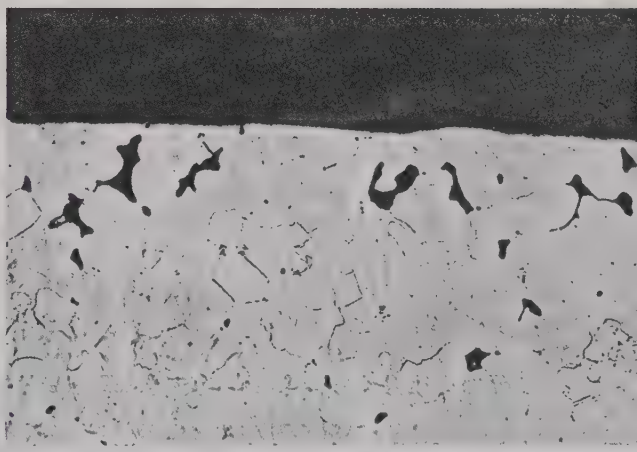


Abb. 6 Oberflächenlunker im Gefüge der Tele (V = 150 : 1)

III) EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Verarbeitungshinweise

1.1. Allgemeines

Grundsätzlich muß festgestellt werden, daß für die Verarbeitung von Stabilor G und NF IV die Verwendung von spezifischen, hochwertigen Hilfsmaterialien - Abformmasse,Gips, Wachse, Einbettmasse, elektrische Gußöfen, Abbeizmittel - von größerer Bedeutung ist als bei der Verarbeitung von Degulor M. Die edelmetallreduzierten Legierungen sind unflexibler und unduldsamer als die hochkarätigen Legierungen; Verarbeitungsfehler oder schlechte Hilfsmaterialien führen fast immer zu einem schlechten Gußergebnis.

1.2. Abformung, Einbettung und Vorwärmung

Als Abformmasse wurde bei dem Patientenversuch für diese Studie Hydrokolloid sowohl für die Inlays wie auch für die drei-gliedrigen Brücken verwendet. Hydrokolloid erlaubt eine drucklose Abformung und ermöglicht zur Kontrolle die Anfertigung eines zweiten, ungesägten Gipsmodells, das dem Erstmodell völlig identisch ist (genaue Aufpassung, Kontaktpunktkontrolle zum Nachbarzahn).
Als Gips bewährte sich Frankonia-Grün oder Duralit S grün (Degussa); auch andere superharte Gipse sind brauchbar.
Für die Modellation der Onlays und Kronen wurden die verschiedenen Wachse der Firma Dentona verwendet.
Ist es notwendig, auf Zahnstümpfe des Gipsmodelles Kunststoffkäppchen zu ziehen, so dürfen diese nicht stärker sein als 0,4 - 0,6 mm. Der gingivale Rand der Käppchen ist unbedingt mit Softwachs zu ummanteln.
Die Gußkanäle müssen für Stabilor G und NF IV 3,5mm Durchmesser haben, 10- max. 15mm lang sein und sollen im 45° Winkel zur Schneidekante angestiftet werden.

Wird eine gipsgebundene Einbettmasse verwendet, besteht die Gefahr, daß im Vorwärm- oder Gußofen der Gipsanteil der Einbettmasse zu Kalziumsulfid reduziert wird. Dieses CaS kann mit Palladium und Silber reagieren und spröde Sulfide bilden, die sich an den Korngrenzen einzelner Kristallite der Legierung ablagern. Neben Silbersulfid (Ag_2S) kann auch Ag_2Pd_3S gebildet werden(DEGUSSA Briefe Nr. 22, 1954; Nr. 23,1955; Nr.24, 1956; Nr.38, 1966; Nr.39, 1968; Nr.42, 1972).

Beim Ausbetten aus gipshaltiger Einbettmasse nach dem Guß ist es möglich,schwarzverfärbte, oberflächlich rauh und spröde Legierungen zu erhalten; die Mundbeständigkeit eines solchen Gußes ist wesentlich beeinträchtigt.

Für Stabilor G und NF IV sollte eine gipsfreie Spezialeinbettmasse wie die phosphatgebundene Deguvest HFG verwendet werden. Diese Einbettmasse wird mit einer speziellen HFG-Flüssigkeit angerührt; durch Verdünnen mit aqua dest. läßt sich die Expansion entsprechend der Kontraktion der verwendeten Legierungen steuern. Bei 25% Flüssigkeitsanteil beträgt die Summe aus Abbindeexpansion und thermischer Expansion 1,25%, bei 50% Flüssigkeit(Primär-, Sekundärteile) beträgt die Expansion 1,45%, bei 75% (Kronen,Brücken) 1,65%, bei 100% (Inlays, Onlays) 1,7%.

Die Gußküvette ist mit feuchter Asbestpappe auszukleiden, ab Küvette 3 empfiehlt sich eine doppelte Asbestschicht. Pulver und Flüssigkeit HFG sollen ca. 30 Sek. von Hand vorgemischt und anschließend 60 Sek. unter Vakuum angerührt werden. Die Verarbeitungsbreite beträgt 3 - 5Min.Nach dem Einbetten ist die Gußküvette ca. 45 Min. in einen 200° C warmen Trockenschrank zu stellen und je nach Küvettengröße 30 - 60 Min. das Wachs auszutreiben. Eine völlige Austreibung des Wachses gelingt am besten, solange die Einbettmasse noch feucht ist. Die umschlossenen Wachsreste werden oft von der porösen Masse aufgesaugt und verkohlen im Vorwärmofen; sie können bei gipsgebundenen Einbettmassen zu einer Schwefelschädigung führen.

Nach dem Auswachsen sollte die Gußküvette in einen ebenfalls 200°C warmen Elektrovorwärmofen gestellt und langsam auf die richtige Vorwärmtemperatur gebracht werden. Für Stabilor G beträgt die Vorwärmtemperatur 700°C, für Stabilor NF IV 850°C; die Vorwärmdauer 20-60 Min. (für Muffelgröße 3 30 Min.)

1.3. Schmelzen und Gießen

Da StabilorG und NF IV im flüssigen Zustand mehr Raum einnehmen als im festen Zustand nach Erstarren, verwendet man, wie schon erwähnt, zur Vermeidung von Lunkern im Gußstück, Gußkanäle mit stärkerem Durchmesser (3,5mm). So kann Schmelze aus Gußkanälen und Gußkegel besser nachfließen. Blasen, Poren und Oxide der unedlen Legierungsbestandteile können sowohl durch die Verwendung gipsfreier Einbettmassen wie auch durch die Verwendung eines Kohletiegels (Reduktionswirkung) beim Einschmelzen vermieden werden.
Beim Gießen soll ein feinkörmiges Gefüge ohne Schichtkristalle erzielt werden. Grobe Kristalle im Gefüge vermindern die Festigkeit und Erhöhen die Porösität, wodurch eine Legierung im Mund des Patienten keine Anlaufbeständigkeit besitzt.
Die Temperatur der Schmelze und der Gußform beeinflussen wesentlich die Gefügeausbildung. Die Kristallisation einer Legierung geht von den in der Schmelze vorhandenen Keimen aus. Bei längerer Überhitzungsdauer bzw. zu hoher Überhitzungstemperatur verringert sich die Zahl der Keime. Das Gußgefüge wird jedoch umso feinkörniger und homogener, je höher die Keimzahl ist. Die ideale Gießtemperatur beträgt für Stabilor G 1000-1100°C, für Stabilor NF IV 1200°C. Zum vollständigen Ausfließen der Gußform erwies es sich als positiv, die Schmelze nach Erreichen des Liquiduspunktes ca. 1 Min. weiter zu erhitzen, also

kurzfristig und mäßig zu überhitzen, da mit steigender Temperatur Formfüllvermögen und Viskosität der Schmelze steigen und ihre Oberflächenspannung abnimmt.
Bei zu starker Überhitzung verringert sich nicht nur die Zahl der Keime, sondern auch die Abkühlungsgeschwindigkeit. Beide Vorgänge bewirken eine Vergröberung des Gußes.
(LOEBICH, 1953/1961; WAGNER, 1967/1977; EICHNER, 1981)

1.4. Homogenisieren, Aushärten

Ein relativ gutes Aushärtungsergebnis liefert bereits eine langsame Abkühlung des Gußstückes. Bei rascher Abkühlung, z.B. durch Abschrecken in kaltem Wasser, bleibt der bei höheren Temperaturen bestehende Zustand des Mischkristalls erhalten, denn die Diffusion der Atome wird bei niedrigen Temperaturen unterbunden; außerdem sind Abschreckspannungen zu erwarten.
Ein Optimum der Legierungseigenschaften ist durch Aushärten zu erreichen, wenn man Stabilor G für 15 Min. bei 350°C, Stabilor NF IV für 15 Min. bei 500°C lagert.
Diese Wärmebehandlungsdauer erhöht die Festigkeitseigenschaften und die Härte der Legierungen; sie mindert jedoch ihre Dehnbarkeit und Zugfestigkeit.
Ein Überschreiten der Glühtemperatur und Glühdauer bewirkt jedoch ein allmähliches Abfallen der Härte, ferner treten Ausscheidungen und Zerfallszonen bis ins Innere der Kristalle auf.
(WAGNER, 1958/1960; WASSERMANN, 1957; KNOSP, 1978)

1.5. Angießen und Löten

Beim Angießen eines Zahnaufbaus an einen Wurzelstift muß das Schmelzintervall der Angußlegierung oberhalb der anzugießenden Legierung liegen. Die Legierung, an die angegossen wird, darf beim Vorwärmen nicht oxidieren, da sonst keine Verschweißung erfolgt und die Festigkeit der Verbindung unzureichend ist.

Beim Lötvorgang werden "metallische Werkstücke mit Hilfe eines geschmolzenen Zulegemetalls (Lots) vereinigt, dessen Schmelztemperatur unterhalb derjenigen der zu verbindenden Werkstücke liegt,und das die Grundwerkstoffe benetzt, ohne daß diese geschmolzen werden" (INTERNATIONAL INSTITUT OF WELDING).
Stabilor G und NF IV haben je zwei artgleiche Lote mit abgestuften Arbeitstemperaturen (Haupt- Nachlot). Da diese Lote und die Grundmetalle auch Unedelmetalle enthalten, bedecken sie sich beim Erhitzen mit Oxiden, die eine Lötung verhindern würden. Diese Oxide können mit Flußmitteln aus Borverbindungen und Fluoriden aufgelöst werden. Das Flußmittel Borax ist nicht empfehlenswert, da es erst bei 740°C schmilzt.
Vor dem Lötvorgang ist eine gleichmäßige Erwärmung aller Zonen der aneinanderzufügenden Teile zu erreichen.
Die günstigste Breite für den Lotspalt beträgt 0,05-0,2mm; ferner sollte der Spalt parallel sein und vor Beginn des Lötens gründlich gesäubert worden sein. (SCHATZ, 1957; LOEBICH, 1957; DEGUSSA Brief Nr.34, 1962; DIN 8511, 1963)

1.6. Absäuern und Säubern

Zum Entfernen von Flußmittelresten oder von beim Löten aufgetretenen Oxidschichten an von Einbettmasse ungeschützter Stelle, kann 10%ige Schwefelsäure verwendet werden. Besser dazu eignet sich jedoch ein in Pulverform angebotenes Beizmittel (Neacid).

1.7. Zusammenfassung der wichtigsten Verarbeitungshinweise für Stabilor G und NF IV

Stabilor G

1. Gußkanäle
   3,5mm Durchmesser
   10-15mm Länge
2. Vorwärmen
   20-60 Min. entspr. Küvettengr.
   700°C bei Verwendung von Deguvest HFG oder gipsgebundenen Einbettmassen
3. Gießtemperatur
   1000-1100°C
4. Absäuern
   in Neacid
5. Aushärten
   a) langsam abkühlen lassen
   b) nach Löten Objekt für 15 Min. bei 350°C im Ofen belassen
6. Löten
   Unilot 1 Arb.Temp. 820°C
   Unilot 2 "-" 760°C
   auch Degulorlote
7. Indikationen
   Mehrflächenfüllungen, Kronen, Brückenteile aller Art

Stabilor NF IV

1. Gußkanäle
   3,5mm Durchmesser
   10-15mm Länge
2. Vorwärmen
   20-60Min. entspr. Küvettengr.
   850°C bei Verwendung von Deguvest HFG
   700°C bei Verwendung von gipsgebundenen Einbettmassen
3. Gießtemperatur
   ca. 1200°C
4. Absäuern
   in Neacid
5. Aushärten
   a) langsam abkühlen lassen
   b) 15Min. bei 500°C
6. Löten
   Unilot 1 AT 820°C
   Unilot 2 AT 760°C
7. Indikationen
   Teleskoparbeiten, Konuskronen
   Stege, Hülsen, Kronen, Brücken

(DEGUSSA, 1982)

2. Erprobung der Legierungen im Mund

2.1. Anamnese und Eingliederung von 4 Inlays

Bei der Patientin Cheryl B., Amerikanerin, Alter 23 Jahre, wurde am 15.03.1982 mit der Präparation der Zähne 16, 26, 36,46 zur Aufnahme von Inlays begonnen.
Die Mundverhältnisse und die Zahnpflege der Patientin waren überdurchschnittlich gut; die oben genannten Zähne waren mit ca. 7 Jahre alten Amalgamfüllungen, der Zahn 47 mit einem Inlay (mo, Deg. M) versorgt. Alle anderen Zähne waren füllungsfrei; die Gingiva war straff und von blaßrosa Farbe; es gab keinerlei Anzeichen von parodontalen Erkrankungen oder gingivalen Entzündungen.
Abformmaterial und Gipse wurden, wie in III)1.2. beschrieben, ausgewählt. Nach Festlegung des Zentrikbisses und der arbiträren Scharnierachsenposition (Schnellübertragungsbogen von Dentatus) wurden die Modelle am 18.3.1982 in einen Dentatus-Artikulator gesetzt; die richtige Einartikulierung ist mit Split-Cast überprüft worden.
Nach Fertigstellung der Modellation wurden jeweils zwei Inlays (16/26 und 36/46) am 19.3.1982 eingebettet und zum Gießen vorbereitet. Die Arbeitsanleitungen (III 1.1.-1.6.) wurden möglichst genau eingehalten. Für den Oberkiefer (16/26) wurden insgesamt 5,4 g Stabilor G, für den Unterkiefer (36/46) 4,4 g Stabilor NF IV verwendet.
Bedingt durch die fortgeschrittene, kariöse Zerstörung und dadurch notwendige großflächige Präparation wurden die Zähne 16,26 und 46 mit Höckerschutzonlays versorgt. Der Zahn 36 erhielt ein einflächiges, okklusales Inlay.
Die Arbeiten wurden am 20.3.1982 Frau C.B. provisorisch eingesetzt und nach monatlicher Kontrolle am 20.8.1982 nach einer Tragezeit von 5 Monaten wieder entnommen. Das Inlay 36 ist nach ca. 3 Wochen von Frau C.B. verschluckt worden und blieb unauffindbar. Die Onlays 16,26 und 46 sind in Abb. 7 kurz vor der Entnahme am 20.8.1982 dargestellt.

2.2. Anamnese und Eingliederung von 3 Brücken

Bei dem Patienten Levant A., Türke, Alter 36 Jahre, wurde am 5.4.1982 mit der Präparation der Zähne 15,17/24,26/35,37 zur Aufnahme von dreigliedrigen Brücken im jeweiligen Quadranten begonnen. Die Mundverhältnisse und Zahnpflege des Patienten waren nur durchschnittlich, sodaß vor Präparationsbeginn eine gründliche Zahnreinigung vorgenommen und der Patient über Zahnpflege mit unterschiedlichen Hilfsmitteln (Zahnseide, Zahnhölzer, verschiedenartige Zahnpasten) aufgeklärt wurde. Vor Präparationsbeginn wurde der Erfolg der Instruktionen überprüft (API-Index); die zuvor vorhandene Gingivitis simplex besserte sich.
Der Zahn 14 war okklusal-distal mit Amalgam versorgt; diese Füllung wurde auskonturiert und nachpoliert, sie muß auf Grund des direkten Kontaktes zum überkronten Nachbarzahn 15 gegen ein Inlay noch ausgetauscht werden (s. II 4.).
Der Zahn 15 wies eine schlechtsitzende Amalgamfüllung (mod) auf; 16 fehlte, die Lücke war nicht versorgt; 17 und18 waren okklusal mit Amalgam gefüllt (lt. Patient ca. 8 Jahre alt).
Der Zahn 24 war unversorgt und zeigte tiefe,kariöse Zerstörungen; 25 fehlte, die Lücke war ebenfalls unversorgt; 26 wies eine großflächige Amalgamfüllung auf; 27 und 28 zeigten okklusal Kariesbefall.
35 war okklusal mit einer Kunststoffüllung versorgt;
36 fehlte, die Lücke war nicht versorgt, 37 wies eine großflächige Amalgamfüllung auf; 38 ist okklusal kariös und muß noch versorgt werden.
Der Zahn 46 ist mit einer großen Amalgamfüllung (mol) versorgt und muß noch überkront werden; die okklusalen Kunststoffüllungen von 47 und 48 sind noch gegen Amalgamfüllungen auszutauschen.
Bei dem Patienten wurde die Lücke zwischen 15 und 17 mit einer dreigliedrigen Brücke aus Stabilor G (insg. 8,4 g) geschlossen. Diese Brücke wurde in einem Stück gegossen,

Krone 15 und Zwischenglied 16 mit Kunststoff (Biodent Farbe 27) verblendet; Krone 17 wurde Vollgußkrone ohne Verblendung.
Die dreigliedrige Brücke 24 bis 26 wurde ebenso gestaltet (24 und 25 mit Verblendung, 26 ohne Verblendung), aber in zwei Stücken gegossen. Die Lotstelle wurde zwischen Krone 24 und Brückenglied 25 gelegt. Die verwendete Legierung war wiederum Stabilor G (insg. 8,1 g).
Die Lücke im Unterkiefer zwischen 35 und 37 wurde mit einer Brücke aus Stabilor NF IV (insg. 9,0 g) geschlossen. Die Brücke wurde in einem Stück gegossen, 35 und 36 wurden verblendet, 37 blieb ohne Verblendung.
Bei der Abformung, Modellherstellung, Einartikulation und Modellation (6.4.-9.4.1982) wurde wie bei der Inlayherstellung für die Patientin C.B. vorgegangen; die Arbeitsanleitungen III 1.1.-1.6. möglichst genau beachtet.
Nur beim Gießvorgang der Brücke 35 bis 37 mit Stabilor NF IV wurde die Gießtemperatur um ca. 120°C unterschritten, da die Schmelze rein visuell ihren Liquiduspunkt erreicht zu haben schien. Der Abschnitt "Mikroskopische Gefügeuntersuchung" wird zeigen, daß dies eine Täuschung war. Das Gußgefüge fiel wesentlich lunkriger und poröser aus, als es bei der richtigen Gießtemperatur (1200°C) der Fall gewesen wäre.
Die drei Brücken wurden dem Patienten am 10.4.1982 provisorisch eingesetzt und nach einer Tragezeit von 5 Monaten am 10.9.1982 wieder entnommen. Abb.8 zeigt die Brücken 15 - 17, 24 -26 und 35 -37 kurz vor der Entnahme.

Abb.7 Onlays16,26,46 der Patientin C.B.,
aufgenommen am 20.08.1982

Abb.8 Brücken 15-17,24-26,35-37,
aufgenommen am 10.09.1982

3. Verfahren zur Prüfung der Gußgenauigkeit

3.1. Prüfungsmethodik in vivo

Die Prüfung der Guß- und Paßgenauigkeit kann in der Zahnärztlichen Praxis ausschließlich subjektiv visuell unter Zuhilfenahme von Spiegel und Hakensonde geschehen. Man stellt fest, ob sich eine Gußfüllung leicht oder schwer in eine Kavität einbringen läßt und sie paßt, wenn zwischen Füllung und Zahnwand kein Spalt zu sehen oder per Sonde zu tasten ist. Dies ist nach DREYER-JÖRGENSEN nur dann der Fall, wenn die Spaltbreite zwischen Inlay und Kavitätenwand oder Kronenring und Zahnstumpf über 50 μ liegt.
Da wir eine Gußfüllung oder Krone mit Hilfe eines Befestigungsmittels einbringen müssen, ist die Dicke dieser Schicht (Phosphatzement ca. 20-30 μ) noch zu berücksichtigen.
Beim Herausnehmen der Wachsmodellation aus der Kavität des Gipsmodells ist ferner mit einer Verkleinerung um etwa 10 μ zu rechnen. Auch wenn die Einbettmasse beim Gußvorgang für einen 100%igen Schwundausgleich sorgt, ist für eine Gußfüllung ein Betrag von 30-40 μ wünschenswert, ja sogar erforderlich.
Ein nicht sichtbarer Spalt bei einer Spielpassung eines Inlays (s.III 3.2.) kann daher als optimales Gußergebnis gewertet werden.

3.2. Prüfungsmethodik in vitro

Um Präzision und Paßgenauigkeit einer Legierung genauer als rein visuell im Munde des Patienten beurteilen zu können, ist es notwendig, eine Prüfmethode zu wählen, die durch Messung zahlenmäßige Werte ergibt (WEIKART, 1956).
Wie schon in III 3.1. erwähnt, handelt es sich bei Inlays um das Einfügen eines Metallkörpers in den Zahn, eine Maßnahme, die in der Technik den sogenannten"Passungen"

entspricht. Man unterscheidet Spiel-, Übergangs-, und Preßpassungen. Bei Spielpassungen ist der in die Kavität einzufügende Teil immer kleiner; bei Preßpassungen ergibt sich ein sogenanntes Übermaß, der einzufügende Teil ist größer. Bei Übergangspassungen ist je nach Lage der Istmaße innerhalb eines bestimmten Toleranzfeldes (4-10 µ) Spiel oder Übermaß vorhanden.
Bei Gußfüllungen soll es sich stets um Spielpassungen handeln, da wir a)Zement zum Einbringen der Füllungen benötigen und b) keinen hohen Druck beim Einsetzen der Füllung aufwenden dürfen, um schädliche Spannungen oder sogar eine Sprengung des Zahnes zu vermeiden.
Andererseits darf kein zu großer Spalt zwischen Guß- und Kavitätenwand entstehen, da speziell edelmetallreduzierte Legierungen mit der mechanischen Eigenschaft IV sich sehr schwer anfinieren lassen. Die anzustrebende Spielpassung für Gußfüllungen sind nach WEIKART 25 µ.
Dieser Wert ist für eine Gußfüllung nahezu unerreichbar, da zu berücksichtigen ist, daß für die für den Guß benötigten Werkstoffe (Gipse, Einbettmassen, Wachse) sowie durch die Art der Verarbeitung stets eine Gesamtschwankungsbreite von 1% angenommen werden kann. Das sind bei einer Gußfüllung von 10mm Durchmesser (mod-Inlay) 100 µ oder in Spaltbreite ausgedrückt ca. 40-50 µ.

Ein sehr einfaches, aber genaues und leicht durchzuführendes Prüfverfahren mit einer zahlenmäßigen Auswertbarkeit wurde von HARNDT mit einem leicht konischen Metallstab gefunden. Diese Methode ermöglicht eine objektive Messung der Spaltbreite in µm und mm.
Die Abmessungen des Stabes wurden so geändert, daß die Kegelverjüngung genau 1:50 wurde (neue Länge 80mm;Durchmesser an den Enden 8 bzw. 9,6mm). Die angegebenen Werte ändern sich deshalb insofern, daß 1mm Abstand genau 10 µm; 2mm = 20 µm; 3mm = 30 µm usw. (s. Abb. 9 u. 10) sind.

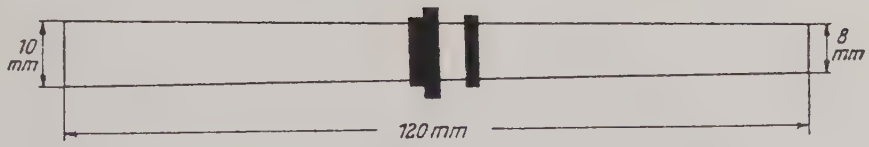


Abb. 9 Dimensionen des Prüfstabes[1]).

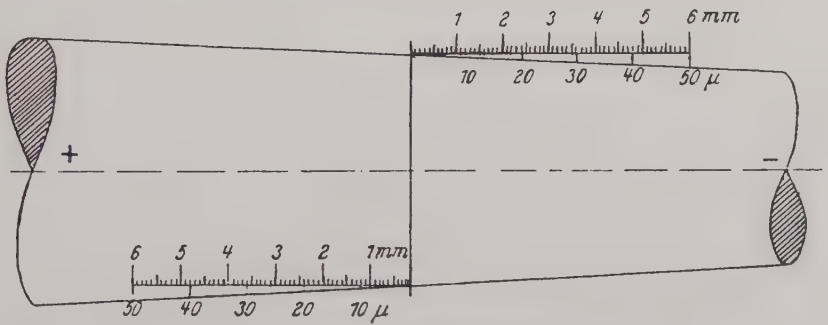


Abb. 10 Spaltbreite je nach Abstand vom Anschlagring in mm.

Abb. 10 zeigt noch den konischen Originalmetallstab in der Länge von 12cm und an dem einen Ende mit 10mm Durchmesser, am anderen Ende mit 8mm Durchmesser. Diese Maße wurden aus praktischen Gründen wie umseitig erwähnt geändert. Eine direkte Ablesung von µ-Meßwerten ist jetzt möglich.

Auf dem Metallstab sitzt genau in der Mitte ein Anschlagring, an dem immer stets gleich breit und dick ein Wachsring modelliert werden kann. Der Anschlagring ist durch eine Schraube fixiert und zusätzlich markiert; so kann er immer wieder an der gleichen Stelle fixiert werden.
Mit Hilfe des Anschlagringes kann man den in Wachs modellierten Ring ohne Mühe zur Stabverjüngung abschieben.
Der Wachsring wird unter Einhaltung aller Arbeithinweise wie eine Krone oder ein Inlay gegossen und wieder auf den Metallstab aufgeschoben. Durch Kontraktion oder Expansion erreicht der Metallring nicht mehr genau seine ursprüngliche Stellung. Mit der Schublehre ist es möglich, den Abstand des Gußringes zu dem in seiner Ausgangsposition fixierten Anschlagringes zu messen.
Vor dem Aufschieben des Gußringes empfiehlt es sich, unter einer Lupenbrille kleinste Unebenheiten, die durch den Gußvorgang oder durch die Einbettmasse bedingt sind, von der Innenseite des Gußringes zu entfernen; eine Maßnahme, die ebenso bei einem Inlay oder einer Krone angewendet werden kann.
Reicht der gegossene Ring nicht an den Anschlagring heran, ist der nach dem Abstand errechnete Spalt negativ. Es liegt die erwünschte Spielpassung vor. Reicht er über den Anschlagring hinaus, ist der Spalt positiv; es läge eine Presspassung vor.[1)]
In Abb.10 wurde die stark vergrößerte Berechnungsskala gezeigt.

---

1) Aus einem Vortrag von P.WEIKART über die Prüfung von Gußgenauigkeit, gehalten bei der wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Prothetik und Werkstoffkunde in München am 21.August 1956.

IV) ERGEBNISSE

1. Verarbeitung und Paßgenauigkeit der Legierungen in vivo

Grundsätzlich ist festzustellen, daß sich die edelmetallreduzierten Legierungen Stabilor G und NF IV sowohl bei den technischen Arbeiten im Labor wie auch beim Einpassen der Inlays, Onlays, und Brücken um Mund der Patienten ohne Schwierigkeiten verarbeiten ließen .
Sonden- und Spiegelprüfung der Onlays bei der Patientin C.B. sowie der Brücken beim Patienten L.A. fielen ohne Ausnahme positiv aus; mit bloßem Auge war kein Spalt zu sehen. Damit dürfte die nach DREYER-JÖRGENSEN erhobene Forderung nach einer anzustrebenden Spaltbreite unter 50 u erreicht worden sein. Selbst die Brücke 35-37 bei Herrn L.A., bei der die Gießtemperatur nicht optimal eingehalten wurde, zeigte eine gute Paßgenauigkeit.

Um einen Mikrospalt zu schließen oder um einen optimalen Übergang zwischen Gußfüllung und Zahnschmelz zu erhalten, wird zumeist ein Federrand präpariert und das Gußobjekt anfiniert. Dieser Vorgang ist sowohl mit Stabilor G wie mit NF IV sehr schwierig, bei einem breiten Federrand sogar unmöglich. Bei beiden Legierungen nimmt parallel zur Härte die Dehngrenze ab, während die Bruchdehnung zunimmt. Die durch langsames Abkühlen in der Gießform erreichbare Härte beträgt nach VICKERS für Stabilor G 275, für Stabilor NF IV 205 (vgl. Degulor M 235, Degulor i 60). Die Zugfestigkeit beträgt für Stabilor G 890 N/mm^2, für NF IV 640 N/mm^2 (vgl. Deg. M 740 N/mm^2; Deg.i 230 N/mm^2) Die Bruchdehnung jedoch liegt bei Stabilor G schon bei 6% bei NF IV bei 7% (vgl. Deg.M 17%).
Durch diese Zahlen läßt sich auch die in Praxis festgestellte Tatsache erklären, daß Stabilor G und NF iV sehr harte Legierungen sind und durch ihre hohe Zugfestigkeit sehr

schlecht anfiniert werden können. Stabilor NF IV ist nach VICKERS um 25% weicher als Stabilor G; daher gelang auch das Anfinieren mit dieser Legierung etwas besser. Die Festigkeit der Legierung in der anfinierten Zone ist jedoch nicht für eine Überbeanspruchung (Kaudruck) ausreichend. Man kann festhalten, daß für beide Legierungen eine exakte Kavitätenpräparation und Kavitätenränder mit schmalem Federrand Grundvoraussetzungen für die Paßgenauigkeit sind.

2. Anlaufbeständigkeit und Verfärbungen der Legierungen in vivo

Nach einer Tragezeit von 5 Monaten wurden die Inlays der Patientin C.B. und die Brücken des Patienten L.A. dahingehend überprüft, ob sie angelaufen waren oder Verfärbungen aufwiesen.
Die Inlays aus Stabilor G und NF IV blieben vollkommen blank, selbst die unpolierten Kauflächen zeigten keinerlei Verfärbung oder Korrosionsansätze. Die Zahnpflege der Patientin war optimal.
Die Brücken von Herrn L.A., speziell im Unterkiefer von 35 auf 37, zeigten Deckschichten.
Bei näherer Untersuchung konnte jedoch mit Sicherheit festgestellt werden, daß es sich um Beläge exogener Natur handelt, wie sie auch auf natürlichen Zähnen vorkommen.
Die Beläge ließen sich exoral ohne Mühe und ohne Hilfsscheuermittel per Zahnbürste entfernen.
Durch eine intensivere Mundpflege, vorallem im Bereich der Brückenzwischenglieder, wären die Deckschichten zu verhindern gewesen. Zur Reinigung dieser Räume wurde Zahnseide empfohlen.
Alle 3 Brücken von Herrn L.A. wiesen keinerlei Korrosion auf. Die Säume der Molarenkronen, die ca. 1mm unter den Gingivarand reichten und dort relativ schlecht belüftet

waren, blieben genauso blank wie der Teil der Kronen, zu dem Speichel und Luft ungehindert Zutritt haben. Es konnten keinerlei Farbunterschiede am Metall festgestellt werden.

3. Gußpräzisionsmessung der Legierungen in vitro

Wie schon unter III 3.2. festgestellt, ist es möglich, die Paßgenauigkeit von Stabilor G und NF IV noch genauer als rein visuell beurteilen zu können und zwar mit Hilfe des von HARNDT genau definierten Metallstabes, der zahlenmäßige Werte zeigt.
Es wurden jeweils für Stabilor G und NF IV 5 Wachsringe modelliert und auf den Metallstab aufgeschoben. Bei jeweils nur einem Wachsring sind die Verarbeitungsvorschriften genau beachtet worden, bei den jeweils anderen 4 Ringen wurde entweder unter Beibehaltung der Vorwärmzeit die Vorwärmtemperatur um 100°C gesenkt oder überhöht, oder unter Beibehaltung der richtigen Vorwärmtemperatur die Vorwärmzeit verkürzt oder verlängert.
Die genauesten Gußergebnisse erhielten wir für Stabilor G bei einer 30minütigen Vorwärmtemperatur von 700°C und für Stabilor NF IV bei einer wiederum 30minütigen Vorwärmtemperatur von 850°C. Diese Werte entsprechen den Angaben in der Arbeitsanleitung. Es wurden idealisierte Spaltbreiten von 1 μ für Stabilor G und von 4 μ für Stabilor NF IV gemessen.
Es kann festgestellt werden, daß Stabilor G insgesamt flexibler ist als Stabilor NF IV, Stabilor G reagiert auf die Veränderungen bzgl. der Vorwärmtemperatur und Vorwärmzeit nicht so empfindlich und lieferte stets sehr gute Spaltbreiten (4-5-7-9,5 μ).
Die relativ schlechteste Spaltbreite wurde nach Erhöhung der Vorwärmtemperatur von 700°C auf 800°C gemessen.

Die Veränderungen der Vorwärmzeit beeinflussen Stabilor G offensichtlich weniger.
Im Gegensatz dazu ergab eine Verlängerung der Vorwärmzeit auf 60 Minuten für Stabilor NF IV eine relativ große Spaltbreite von 15 µ; eine noch größere Spaltbreite von 16,5 µ ergab die Senkung der Vorwärmtemperatur auf 750°C. Aber auch die Verkürzung der Vorwärmzeit auf 20 Minuten oder die Erhöhung der Vorwärmtemperatur auf 950°C zeigten die Empfindlichkeit von Stabilor NF IV , da hierbei Spaltbreiten von 9 u bis 13,5 µ gemessen wurden.

Die erzielten Spaltbreiten zwischen 1 und 16,5 µ dürfen jedoch nicht überbewertet werden, da die modellierten Wachsringe in Durchmesser und Stärke nur ungenügend dünn auslaufende Ränder einer Krone oder die Vielgestalt und Bizarrität von Gußfüllungen wiedergaben.
Bei der Herstellung zahnärztlicher Gußobjekte kann daher nicht mit diesen Gußergebnissen gerechnet werden.
In Abb.11 sind alle Ergebnisse der Präzisionsmessung in vitro zusammengefaßt:
In Muffel 1 und Muffel 6 wurden Stabilor NF IV bzw. Stabilor G unter Beachtung der vorgeschriebenen Verarbeitungshinweise gegossen; in den Muffeln 2-5 und 7-10 wurden die Legierungen, wie bereits erwähnt, bewußt unter abgeänderten Bedingungen gegossen.

Muffel	Metallart	Vorwärm-temperatur +100 °C	Vorwärm-temperatur	Vorwärm-temperatur −100 °C	t<1	t=1	t>1	Abstand Guß-An-schlagring mm	Spaltbreite μ
1	Stab. NF IV		850 °C			30 min.		0,40	4,0
2	Stab. NF IV	950 °C			30 min.			1,35	13,5
3	Stab. NF IV			750 °C		30 min.		1,65	16,5
4	Stab. NF IV		850 °C		20 min.			0,90	9,0
5	Stab. NF IV		850 °C				60 min.	+1,50	15,0
6	Stab. G		700 °C			30 min.		0,10	1,0
7	Stab. G	800 °C				30 min.		0,95	9,5
8	Stab. G			600 °C		30 min.		0,70	7,0
9	Stab. G		700 °C		20 min.			+0,50	5,0
10	Stab. G		700 °C				60 min.	0,40	4,0

Abb.11 Ergebnisse der Präzisionsmessung in vitro

V) MIKROSKOPISCHE GEFÜGEUNTERSUCHUNG

1. Die Anordnung der Atome

Die Hauptbestandteile der beiden Legierungen Stabilor G und NF IV - Gold, Silber, Platin, Palladium, Iridium - kristallisieren in einem kubischen Gitter. Der Elementarwürfel enthält 14 Atome, die die Ecken des Würfels und das Zentrum der Würfelfläche einnehmen. Die Atomanordnung ist sehr dicht und wird auch als kubisch-flächenzentrisches Gitter bezeichnet. Legierungsbestandteile wie Zink und einige Platinmetalle kristallisieren in einem dichtgepackten hexagonalen Raumgitter, das als Sechskantprisma dargestellt werden kann. Die Atome bestzen die Ecken und die Mitte der Basisflächen, drei Atome liegen in der Mitte des Prismas auf einer Ebene.
Mit steigender Temperatur lockert sich die Verpackung der Atome im Metallkristall; die Ruhelage-Schwingungen und Bindungsabstände zwischen den Atomen werden größer.
In der Metallschmelze geht die Regelmäßigkeit der Atomanordnung nahezu völlig verloren.

2. Der Aufbau der Legierungen

Die Ausgangsbasen für die untersuchten Legierungen Stabilor G und NF IV sind Au-Ag- Cu und Au-Ag-Pd. Gold und Silber mischen sich in flüssigem und festem Zustand in jedem Verhältnis;
Es entsteht eine homogene, aus Mischkristallen lückenlos aufgebaute Legierung; nach der Erstarrung liegt nur eine Kristallart vor. In diesem Mischkristall sind einzelne Goldatome durch Silberatome ersetzt (daher auch Substitutionsmischkristall genannt), ohne daß sich der Gitteraufbau wesentlich verändert hat.

Silber und Kupfer lösen sich in flüssigem Zustand ineinander, in festem ist ihre gegenseitige Löslichkeit eingeschränkt. Die Schmelze der beiden Metalle ist homogen, in festem Zustand bilden sich zwei Mischkristallarten mit viel Silber und wenig Kupfer oder umgekehrt. Man spricht von einer temperaturabhängigen Mischungslücke, da die gegenseitige Löslichkeit mit steigender Temperatur zunimmt. Diese Mischungslücke wird durch die Legierungszusätze Platin, Palladium, Zink oder Zinn bewußt verändert, so daß durch die Systeme Au-Pt, Au-In-Pd oder Au-Sn-Pd die Aushärtungsmöglichkeiten erweitert wurden.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Legierungen für die Luftfahrttechnik erkannten WILMS und MERICA schon in den 30er Jahren, daß mit langsamer Abkühlung einer Schmelze oder kurzfristigem Anlassen auf mittlere Temperaturen in einem Mischkristall die Atome diffundieren und sich neue intermediäre Kristallarten ausbilden, die in ihrem Aufbau sich von dem ihrer Bestandteile unterscheiden. Solche Kristallarten haben eine regelmäßige Anordnung ihrer unterschiedlichen Atome und bilden "intermetallische Verbindungen".
Die Festigkeitseigenschaften dieser Legierungen sind beträchtlich größer.
Die Aushärtungsmechanismen der neuen Mehrstofflegierungen wie Stabilor G und dem kupferfreien Stabilor NF IV sind sehr kompliziert; neben den geordneten Phasen können auch unerwünschte Entmischungsvorgänge auftreten. Daher sind dem Prozeß der Homogenisierung Grenzen gesetzt; die Arbeitsanleitungen sollten genauestens eingehalten werden.

3. Gefügevorbehandlung

Um ein Gefüge unter dem Mikroskop sichtbar zu machen sind besondere Vorbehandlungen notwendig.
Zunächst wurden die Onlays der Patientin Binz und die drei Brücken des Patienten Aksu wie in V 4. beschrieben zersägt und in selbstaushärtenden Kunststoff Technovit 4004 (Fa. Kulzer) eingebettet. Nach Erstarren und Erkalten des Kunststoffes wurde auf planer Unterlage SiC-Papier (Fa. Struers) fixiert und mit Körnung 180 die gesamte Schlifffläche planiert.
Anschließend wurde mit den Körnungen 220,320,500,1200 je zwei bis fünf Minuten geschliffen und nach Wechsel der Körnungsstufen und Drehung um 90° zur bisherigen Schleifrichtung der Vorgang wiederholt. Zum Abbinden des Schleifstaubs wurde unter Wasser gearbeitet.
Das Polieren des Gefüges erfolgte mit Al_2O_3 (Fa.Wirtz) 1:10 mit H_2O verdünnt, in kreisenden Bewegungen auf grünem Billiardtuch,bis die Schliffe völlig kratzerfrei waren.
Zur Entwicklung des Gefüges wurden die Schliffe mit 20%iger wässriger KCN-Lösung (mit einigen Tropfen H_2O_2) angeätzt. Die Ätzdauer betrug zwei Minuten.

Durch die Ätzlösungen wird die Oberfläche des Schliffes angegriffen und die obersten Atomschichten werden parallel zur Würfeloberfläche abgetragen.
Die Lage der Oberflächen hängt von der Orientierung der einzelnen Kristalle ab. Da die Würfel treppenartig an der Oberfläche liegen, wird auch das auffallende Licht des Mikroskops in unterschiedliche Richtungen reflektiert. Somit erscheinen die völlig gleich zusammengesetzten Kristalle im Mikroskop in verschiedenen Helligkeitsstufen.

4. Gußzersägung

Die Onlays 16 und 26 (Stabilor G) und 46 (Stabilor NF IV) von Frau C.B. wurden je einmal diagonal/sagittal getrennt, um sowohl Höckerspitzen und Kauflächen als auch Onlayränder im Querschnitt beurteilen zu können.

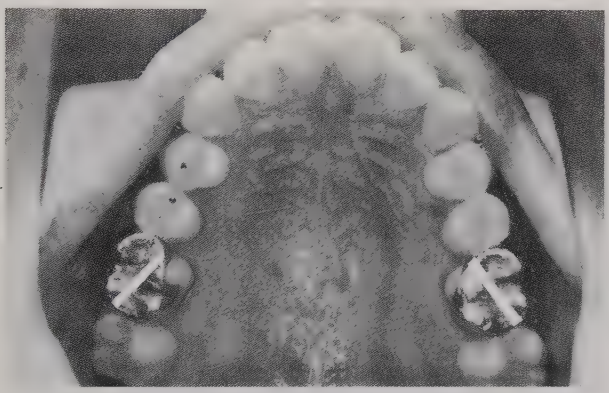


Abb.12 Sägungslinien durch die Onlays 16 und 26

Die Brücken 15-17 (Stabilor G), 24-26 (Stabilor G, Lotstelle 24/25) und 35-37 (Stabilor NF IV) von Herrn L.A. wurden alle auf die gleiche Art und Weise zersägt: die Prämolaren transversal/sagittal, von der Mitte der Prämolaren, längs der Kaufläche bis Mitte des Brückenzwischengliedes, das Zwischenglied ab der Mitte der Kaufläche transversal/sagittal; die Vollgußkrone des endständigen Pfeilers wieder diagonal/ sagittal.

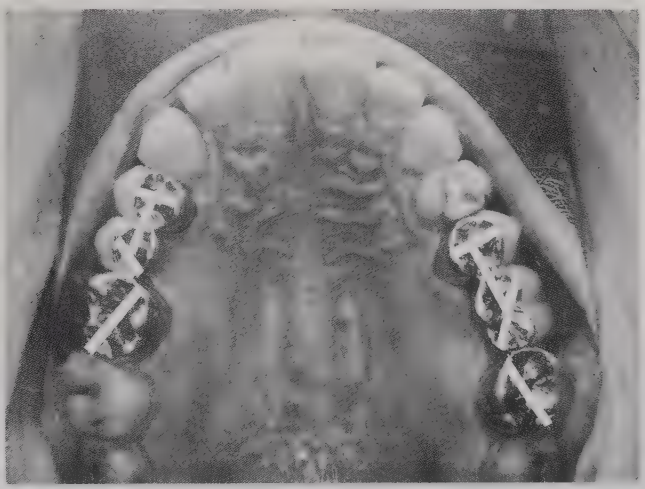


Abb.13 Sägungslinien durch die Brücken 15-17, 24-26

5. Beurteilung der Güsse

In den Abb. 14,15,16,17 sind die Gußgefüge von Stabilor G (Onlays 16 und 26 von Frau C.B. und Brücken 15-17 und 24-26 von Herrn L.A.) dargestellt:

Abb.14 (10:1) Gußgefüge von Stabilor G des Onlays 16

Abb.15 (160:1) Gußgefüge von Stabilor G des Onlays 26

Die Gefüge sind feinkörnig und homogen; Lufteinschlüsse, Poren und Lunker sind weder im Innern noch am Rande des Gußgefüges aufgetreten.
Die unterschiedlich getönten Flächen sind einzelne Kristalle, die sich bei der Kristallisation aus der Schmelze gegenseitig im Wachstum behinderten; daher weisen ihre Grenzen nicht mehr typischen Würfelcharakter auf, sondern sind unregelmäßig begrenzt. Diese unregelmäßigen Körper werden als Kristallite oder auch als Körner bezeichnet; ihre Begrenzungslinien heißen Korngrenzen.

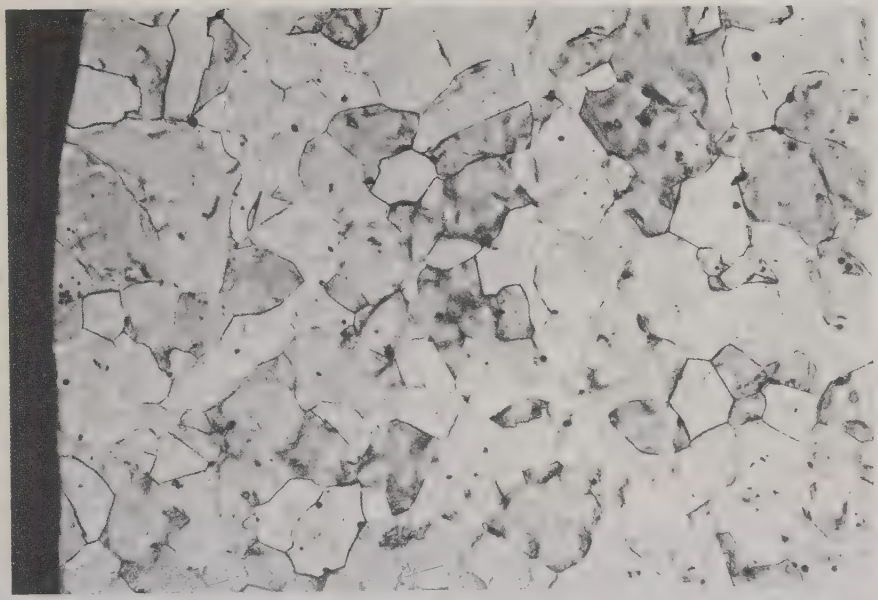


Abb.16 (160:1) Gußgefüge von Stabilor G des Brückenpfeilers 15

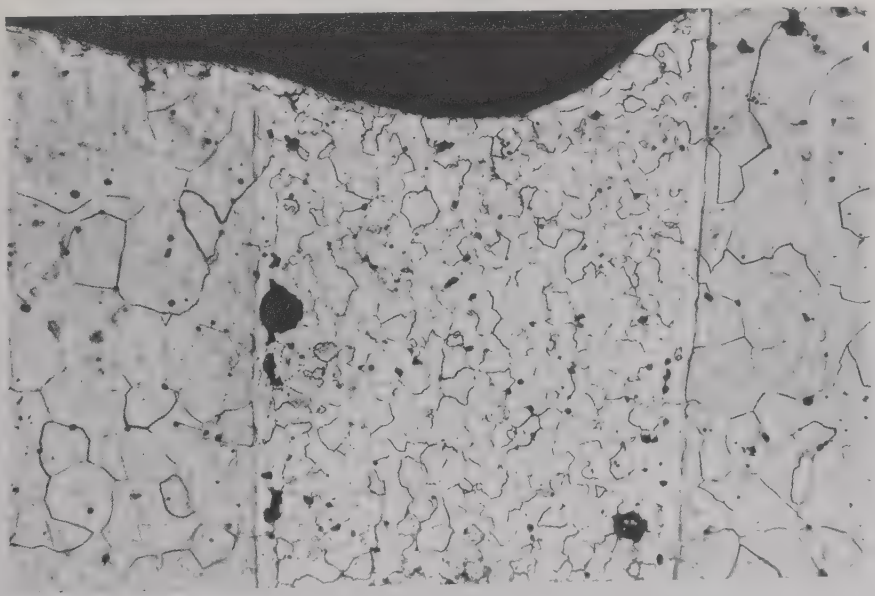


Abb.17 (160:1) Gußgefüge von Stabilor G des Brückenpfeilers 24 und Brückenzwischengliedes 25, Lotstelle zwischen 24/25

In Abb.17 ist die Lotstelle zwischen 24/25 der Brücke 24-26, ebenfalls aus Stabilor G, dargestellt. Der Lotspalt und die Oberflächen der Werkstücke wurden lt. Arbeitsanleitung vorbereitet, als Lot wurde Degulor-Lot 1 verwendet. Das Erstarrungsgefüge des Lotes ist sehr feinkörnig; die erwünschte feste Verbindung zwischen Werkstücke und Lot ist erreicht worden. Nicht gelungen jedoch ist eine blasen- und porenfreie Lotschicht; die Ursache dafür dürften Verarbeitungsfehler sein (s. III 1.5.).

In Abb. 18 ist das Gußgefüge von Onlay 46 von Frau Binz aus Stabilor NF IV dargestellt. Auch dieser Guß ist feinkörnig und homogen und kann als gut gelungen beurteilt werden.

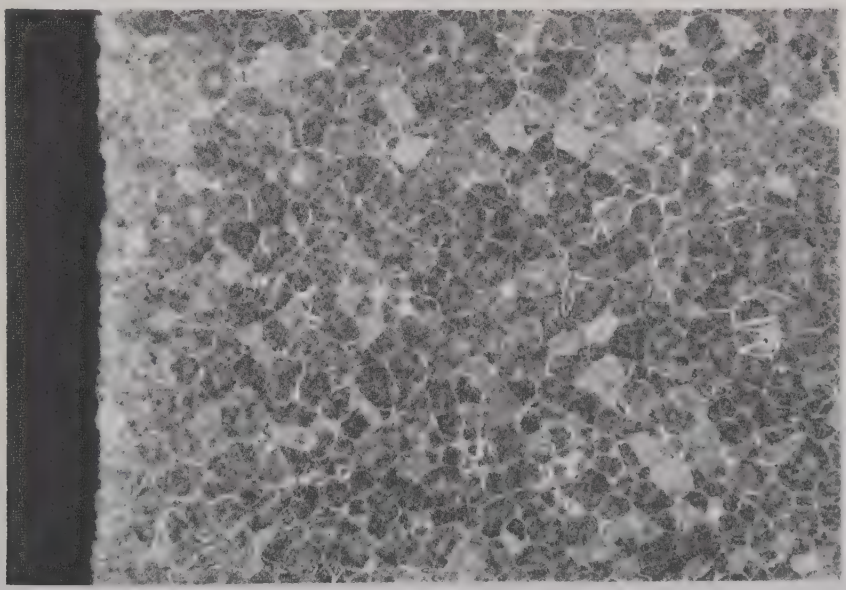


Abb.18 (160:1) Gußgefüge von Stabilor NF IV des Onlays 46

Dieses Gußgefüge ist sehr feinkörnig, homogen, ohne Poren, Lunker und Lufteinschlüsse. Die einzelnen Kristallite bewahrten fast ihren typischen Würfelcharakter, die Korngrenzen sind deutlich sichtbar.

Die Kornzahl von Stabilor NF IV , wie auch von Stabilor G, beträgt ein Mehrfaches der Mindestkornzahl von ca. 400 Körner pro mm^2, der mittlere, lineare Korndurchmesser liegt unter 50 µm. Die kornfeinenden Zusätze sind die Platinbeimetalle Iridium oder Rhutenium.
Eine Überhitzung der Schmelze würde eine Kornzahlverringerung und damit eine Vergröberung des Gusses bewirkt haben. Dies war in den Gußgefügen lt. Abb.14-18 nicht der Fall, die Gußergebnisse sind als gut zu bewerten.

Die Abb.19 und 20 zeigen im Vergleich den gelungenen Guß mit Stabilor G des Brückenpfeilers 24 aus der Brücke 24-26 und das nicht gelungene, poröse Gußgefüge von Stabilor NF IV des Brückenpfeilers 35 der Brücke 35-37. Beide Brücken waren bei Herrn L.A. eingesetzt.
Die Brücke 35-37 unterschied sich nicht beim Ausbetten aus der Einbettmasse, weder in Farbe noch Oberflächenbeschaffenheit, von den anderen Brücken oder Onlays der beiden Patienten; auch in ihrer Verarbeitung und Einpassung im Mund zeigte sich kein Unterschied.
Bei der Vergrößerung 10:1 in Abb.19 sind jedoch Poren und Lufteinschlüsse schon gut zu erkennen. Bei der Vergrößerung 160:1 in Abb.21 ist deutlich zu sehen, daß dieser Guß viele Einschlüsse und Lunker an seiner Oberfläche aufweist; das Gußgefüge ist zwar feinkristallin, die einzelnen Kristalle sind jedoch dendritisch aufgebaut.
Die Ursache für das poröse Gußergebnis war die Nichteinhaltung der angegebenen Gießtemperatur. Bei 1070°C erschien die Schmelze rein visuell völlig verflüssigt, so daß der Gußvorgang eingeleitet wurde. Bei dieser Temperatur hatte die Legierung zwar ihren Liquiduspunkt (1065°C) überschritten, aber noch nicht ihre optimale Gießtemperatur (ca. 1200°C) erreicht.

Abb.19 (10:1) Poröses Gußgefüge von Stabilor NF IV des Brückenpfeilers 35

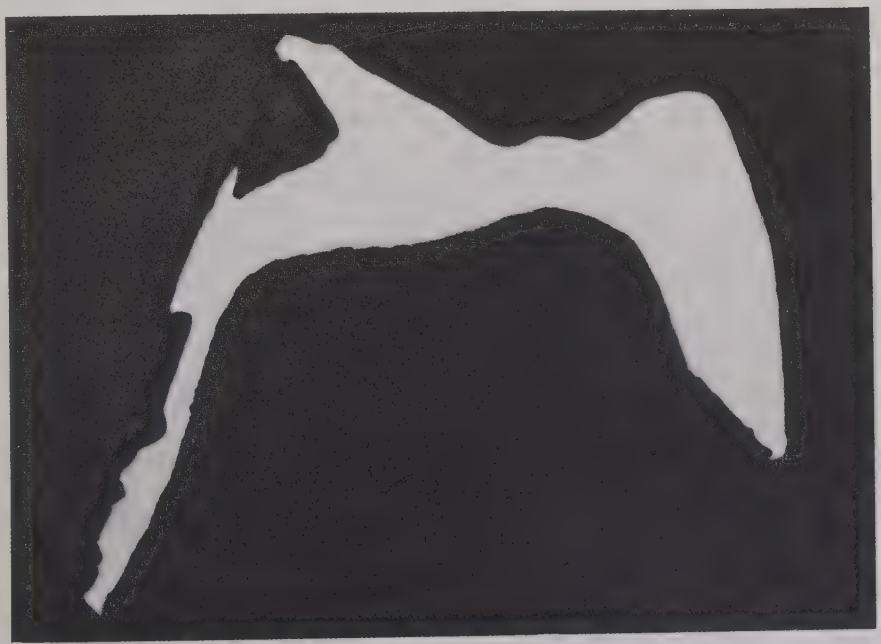


Abb.20 (10:1) Homogenes Gußgefüge von Stabilor G des Brückenpfeilers 24

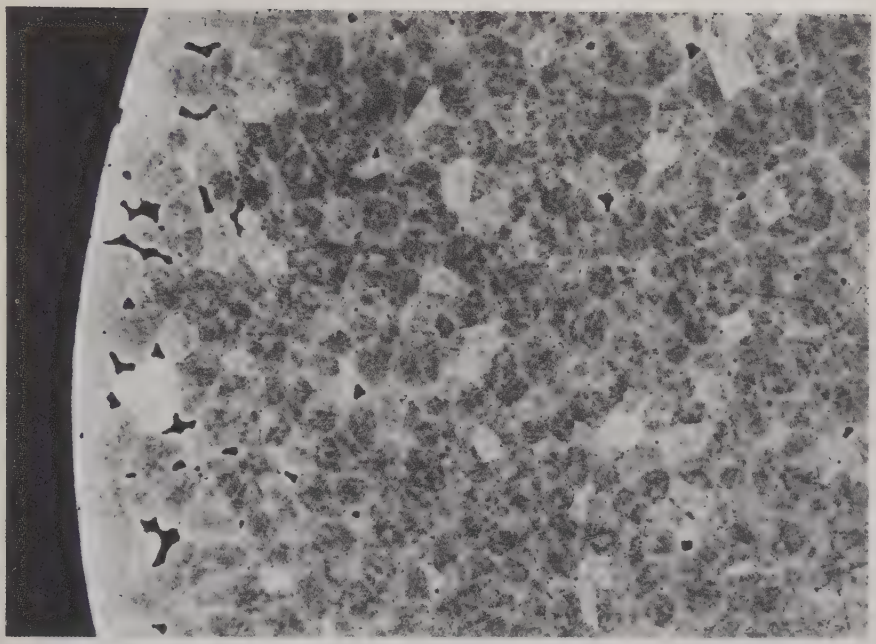


Abb.21 (160:1) Poröses Gußgefüge von Stabilor NF IV des Brückenpfeilers 35

Der Guß besteht aus inhomogenen Zonen oder Schichtkristallen. Die Körner erscheinen als tannenbaumartige und fiederförmige Gebilde, die als Dendriten bezeichnet werden. Während des Abkühlens nach der Erstarrung ist der Konzentrationsausgleich durch Diffusion nicht vollständig erfolgt. In Abhängigkeit von der Edelmetallverteilung innerhalb der Körner werden diese vom Ätzmittel unterschiedlich stark angegriffen und erscheinen grau bis schwarz.
Weder das lunkrige Gußgefüge, noch die unvollständige Homogenität haben sich jedoch als nachteilig für das klinische Verhalten herausgestellt:
Die Brücke hat sich sowohl beim Einsetzen in den Mund als auch während ihrer Tragezeit als voll funktionsfähig erwiesen.

VI) DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die hervorragenden Eigenschaften der neuen, edelmetallreduzierten Legierungen Stabilor G und NF IV zeigten sich schon bei der Herstellung der Gußobjekte im Labor. Unter Einhaltung der Verarbeitungsregeln und bei Verwendung weniger, spezieller Hilfsmittel (Einbettmasse) werfen die neuen Legierungen keine bisher unbekannten Probleme auf. Die Präzission und Paßgenauigkeit der Onlays und Kronen konnte in vivo bewiesen und in vitro untermauert werden. Stabilor G und NF IV lieferten Präzissionsgüsse, die sich in nichts von Güssen mit Degulor M unterschieden.
Die mikroskopischen Gefügeuntersuchungen zeigten deutlich, daß ein Abweichen von der vorgeschriebenen Gußtemperatur, hier bei Stabilor NF IV, ein lunkriges Gußgefüge und so einen ungenaueren Guß ergibt. Auch das Einhalten der Vorwärmtemperatur und der Vorwärmzeit erscheinen uns besonders für das empfindlicher reagierende Stabilor NF IV von größerer Bedeutung zu sein als für hochkarätige Edelmetallegierungen.

Ferner muß betont werden, daß zu erfolgversprechenden Ergebnissen auch eine sorgfältige Kavitäten- und Kronenpräparation seitens des Zahnarztes durchgeführt werden muß. Stabilor G und NF IV sind extraharte Legierungen, die auf Grund ihrer Dehngrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung nur äußerst bedingt anfiniert werden können; selbst Mikrospalten sind nur vom Geübten zu schließen.
Wegen der Härte der Legierungen ist es auch notwendig, Kauflächengestaltung und Okklusionspunkte im Vorhinein optimal festzulegen; ein Um- oder Einschleifen im Mund ist nur eingeschränkt möglich.
Bezüglich der Härte der getesteten Legierungen wäre wünschenswert, daß der Hersteller sowohl dem kupferhaltigen

Stabilor G wie auch dem kupferfreien Stabilor NF IV gleiche Legierungsarten aber mit abgestuften, geringeren Härtegraden (wie z.B. in der Degulor-Reihe) zur Seite stellen würde, sodaß alle Indikationsgebiete optimal abgedeckt werden könnten.

Die Beurteilung des Korrosionsproblems von edelmetallreduzierten Legierungen geschah in dieser Studie rein makroskopisch. Korrosionserscheinungen, wie sie in der Mundhöhle besonders häufig durch Verarbeitungsfehler oder Polymetallismus auftreten, konnten nicht beobachtet werden, obwohl die "Voraussetzungen" dafür gegeben gewesen wären: der Brückenpfeiler 15 der Brücke 15-17 von Herrn L.A. hatte direkten und ständigen Approximalkontakt zu der Amalgamfüllung (od) im Zahn 14; es wäre also eine Elementbildung zwischen verschiedenartigen Legierungen möglich gewesen. Die Brücke 35-37 bei Herrn L.A. war inhomogen und dendritisch gegossen, folglich hätten sich auch dort durch Belüftungselemente Verfärbungen zeigen können.
Bei keinem der aufgeführten Beispiele war dies der Fall.

R.SÖREMARK vom Karolinska Institut, Stockholm, ist es gelungen, Ionenwanderungen in der Mundhöhle qualitativ und semiquantitiv mit verschiedenen Konzentrationsgradienten zu objektivieren. Er zeigte auf, daß die Ionenpenetration sich sehr rasch vollzog. Bereits 21 Tage in situ genügten, um festzustellen, daß bei Amalgam und sogar bei Inlays aus einer hochkarätigen Goldlegierung, mit und ohne Wärmebehandlung, immer ein eindeutiger Anstieg der Silberkonzentration und des Quecksilbers sowie ein Zinkanstieg im Schmelz und im Dentin der gefüllten Zähne erfolgte. Einen deutlichen Anstieg der Konzentration an Gold, Kupfer und Zink beobachtete man bei mit edelmetallreduzierten Legierungen gefüllten Zähnen, und zwar ebenso im Schmelz wie im Dentin; während eine Wärmebehandlung die Abgabe von Kupfer- und Goldionen herabsetzte. Das am meisten mit Gold, Kupfer

oder Zink durchsetzte Dentin befand sich unter Goldgußkronen. Um Werte an 8-11 Stellen im Schmelz oder Dentin in verschiedenen Abständen von der Restauration zu erhalten, wurde eine spektroskopische Laser- Mikroanalyse durchgeführt. Sie zeigte, daß die von der Restauration am weitesten entfernten, untersuchten Punkte sowohl im Schmelz wie auch im Dentin die niedrigsten Konzentrationen besagter Elemente aufwiesen; die Stellen mit der höchsten Konzentration befanden sich im Dentin zwischen der Restauration und der Pulpa.

Zweifellos ist es richtig und notwendig, die Emission und Wanderung von Metallionen oder Metallteilchen in den Körper hinein und die sich daraus ergebenden lokalen und allgemeinen Störungen zu messen und zu beurteilen.
Dies war jedoch nicht Aufgabe dieser Studie.

Korrosionserscheinungen, hervorgerufen durch galvanische Ströme und die damit verbundene Freisetzung von Metallionen aus einer Legierung mit niedrigem Potential können unserer Meinung nach am wirkungsvollsten durch korrekte Verarbeitung der Legierungen und durch Vermeidung von Polymetallismus (Amalgam-Gold) bekämpft werden.

Wünschenswert wäre ferner, daß für edelmetallreduzierte Legierungen eine spezielle Norm vorgelegt würde, in der die Mindestanforderung, die an diese Legierungen zu stellen sind, eindeutig festgelegt sind. Die entsprechenden Beratungen darüber sind zwar bereits im Gange, jedoch noch nicht abgeschlossen.

VII) ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei edelmetallreduzierte Gußlegierungen aus dem Degussa-Dentallegierungsprogramm,

das kupferhaltige STABILOR G (Feingoldgehalt 58,0%) und

das kupferfreie STABILOR NF IV (Feingoldgehalt 55,0%)

bezüglich ihrer Verarbeitung, Paßgenauigkeit und ihres Korrosionsverhalten in vivo und in vitro getestet.
Dazu wurden bei zwei Patienten, bei einem 4 Inlays und bei dem anderen 3 dreigliedrige Brücken eingesetzt und nach einer Tragezeit von 5 Monaten zur makroskopischen und mikroskopischen Untersuchung wieder entnommen.
Die Verarbeitung und die Eingliederung der Arbeiten zeigten unter Beachtung der Herstellerhinweise keine Schwierigkeiten auf; die erzielte Paßgenauigkeit unterschied sich in nichts von schon oft verarbeiteten hochkarätigen Edelmetalllegierungen.
Zur Verarbeitung der edelmetallreduzierten Legierungen ist jedoch anzuraten, nur bestimmte Hilfsmaterialien (III 1.1.-1.7.) zu verwenden, da die Legierungen auf Verarbeitungfehler sofort reagieren.
Einem Ungeübten werden die Härte und die Zugfestigkeit, vorallem von Stabilor G, Schwierigkeiten bereiten; durch genaue und sorgfältige Vorarbeiten lassen sich diese jedoch umgehen.
Weder Stabilor G noch NF IV zeigten nach einer Tragezeit von 5 Monaten Korrosionserscheinungen, obwohl die Brücke 35-37 des Patienten L.A. bei zu geringer Schmelztemperatur gegossen wurde.
Es ist nicht auszuschließen, daß die Korrosionfreiheit dieser Arbeit der Legierung Stabilor NF IV zugeschrieben werden kann, da in dieser Legierung kein Kupfer (Hauptursache für Verfärbungen, s. II 4.) enthalten ist.

Die beiden neuen Legierungen Stabilor G und NF IV überzeugen vorallem durch ihre Wirtschaftlichkeit. Auf Grund ihres geringeren Massengehaltes an Gold- und Platinmetallen -63,7%/65,0% gegenüber 76,5% von Degulor M- und ihrer größeren Ergiebigkeit auf Grund ihrer geringeren Dichte -14,4/13,8 gr. pro cm^3 gegenüber 15,7 gr. pro cm^3 von Deg.M- werden sie immer kostengünstiger als hochkarätige Edelmetalllegierungen sein. Die Einsparung beträgt unter Berücksichtigung des derzeitigen Feingoldpreises (Stand: Oktober 1982) 25,7 bzw. 27,8%.

Die technischen, klinischen und wirtschaftlichen Ergebnisse dieser Arbeit lassen die Forderung zu, daß die edelmetallreduzierten Legierungen Stabilor G und Stabilor NF IV stärker als bisher in den freien Zahnarztpraxen und auch in den Kliniken eingesetzt werden sollten.

VIII) LITERATURVERZEICHNIS

BEECK, K.H. Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren und ihre praktische Auswertung. Dtsch. zahnärztl. Zeitung 13,470, 1958

BREUSTEDT, A. Zahnärztliche Keramik. VEB-Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1965

DEGUSSA Edelmetall und Chemie. Die Arbeitsgebiete der Degussa, Dentallegierungen gestern und heute. Frankfurt/Main, 1974. 16 / 1982

DEGUSSA-Brief Nr.19 Warum verfärbt sich Gold im Mund? 1952
Nr.22 Wie bekommt man dichte, lunkerfreie Güsse? 1954
Nr.23 Das Anbringen von Gußkanälen. 1955/1956
Nr.34 Über das Löten. 1962
Nr.37 Wie vermeidet man Verfärbungen an Goldlegierungen im Mund? 1965
Nr.38 Ein Beitrag zur Präzisionsgußtechnik.1966
Nr.39 Beitrag zum Präzisions-Gußverfahren.1966
Nr.40 Über den Einfluß der Löt-Einbettmasse auf die Paßgenauigkeit von Brücken. 1969
Nr.42 Das Degussa-Präzisionsguß-System. 1972

DEGUSSA Offenlegungsschrift 2509476, 5.3.1975
Harte, kupferfreie Dentalgoldlegierungen.
Offenlegungsschrift 2908203, 2.3.1979
Gold-Silber-Legierungen mit guter Anlaufbeständigkeit für die Zahntechnik.

Patentschrift 2453799, 13.11.1974
Kupferfreie Dentalgoldlegierungen.

DIN — Materialprüfnormen für metallische Werkstoffe. Beuth-Vertrieb 6.Aufl. Taschenbuch 19 1973

DIN 8511 — Flußmittel zum Löten metallischer Werkstoffe. Deutsche Normen. 1963

DIN 13906 — Goldgußlegierungen. August 1975

Goldgußlegierungen. Entwurf Mai 1980

DREYER-JÖRGENSEN, K. — Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren. Dtsch. zahnärztl. Z. 13,461, 1958

EICHNER, K. — Über die Bindung von keramischen Massen und Edelmetall-Legierungen. Theorien und optische sowie elektronenmikroskopische Untersuchungen. Dtsch. zahnärztl. Z. 23,H3, 373, 1968

Metallkeramik in der zahnärztlichen Prothetik. Hanser Verlag, München 1979

GERISCHER, H. — Anodisches Verhalten der Edelmetall-Legierungen und die Frage der Resistenzgrenzen. Korrosion 14, Verlag Chemie Weinheim/Bergstr. 1962.59

HARTLMAIER, K.M. — Vom Rinderzahn zur Teleskopkrone- Kurze Geschichte der Zahntechnik. Verlag Neuer Merkur, Köln-Lindenthal 1965

HÜTHIG, A. Korrosion an Dentallegierungen. Hüttig-Verlag, 3.Aufl., Kap.29, 1974

KNOSP, H. Aushärtungsvorgänge in Edelmetall-Dentallegierungen. Dental-Labor 26,49, 1978

LOEBICH, O. Der Lunker und seine Vermeidung. Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 1037, 1953

Wissenswertes über zahntechnische Edelmetall-Legierungen. 3.Aufl., 1961

MERICA, P.D. Aushärtung. Sci.Pap.Bur.Stand. 337/108, 1919

PHILLIPS, R.W. Die Bedeutung elektrischer Ströme in der Mundhöhle. Dtsch. zahnärztl. Z. 12,1222, 1957

RAUB, E./WÖRWAG, G. Die Silber-Palladium-Kupfer-Legierungen. Z. Metallkunde 46,52, 1955

SCHATZ, J. Die metallurgischen Vorgänge zwischen Hartlot und Grundwerkstoffen und Folgerungen für die lotgerechte Konstruktion. Schweißen und Schneiden 9, 522, 1957

SCHRIEVER, W./ DIAMOND, L.E. Electromotive forces and electric currents caused by metallic dental fillings. J. dent. Res.31,2005, 1952

STEGEMANN, K. Korrosionsbeständigkeit von Dentallegierungen.
Habilitationsschr. TU Berlin 1956

Über Potentialmessungen an Dentallegierungen.
Zahnärztl. Rdsch. 65,560, 1956

SUDHOFF, K. Geschichte der Zahnheilkunde.
Leipzig, 1926

SÖREMARK, R. et coll. Penetration of metallic ions from restaurations into teeth.
J. Proth. Dent. vol.20, n°6, 1968

Autoradiographic study of distribution pattern of metals which occur as corrosion products from dental restaurations.
Karolinska Institut, 1979

WAGNER, E. Aushärtung, Vergütung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15,833, 1960

Beitrag zum Präzisionsgußverfahren.
Dtsch. zahnärztl. Z. 22,1206, 1967

Vermeidung von Verfärbungen an Goldlegierungen im Mund.
Dental-Labor Nr.25,882, 1977

WAGNER, E./EICHNER,K. Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Bd.I u. II
Hüthig-Verlag, Heidelberg 4.Aufl.,1981

WASSERMANN, G. Rekristallisationsvorgänge.
Z. Metallkunde 57,493, 1966

Fünfzig Jahre Aushärtung in Forschung und Praxis.
Z. Metallkunde 48,223, 1957

WEIKART, P. Grenzen und Prüfung der Gußgenauigkeit.
Dtsch. zahnärztl. Z. 12,897, 1957

Korrosion und Verfärbungen an Goldlegierungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15,1417, 1960

Herrn Professor Dr. E. Kraft danke ich herzlich für die Überlassung des Dissertationsthemas, für die freundliche Hilfe und Anleitung bei der Durchführung der Arbeit sowie für die Übernahme des Referates.

Herrn Zahnarzt J. Hübler danke ich für die fachliche Unterstützung bei der Durchführung der Patientenbehandlungen und für die Bereitstellung von Praxis und Labor.
Dem zahntechnischen Labor Schattenkirchner danke ich für die technische Beratung und Hilfe.

Mein Dank gilt Herrn Dr. Stümke und Mitarbeitern der Fa. Degussa,Pforzheim, für wertvolle Diskussionen zu dieser Arbeit und für das stets fördernde Interesse. Ferner danke ich Herrn Brisko, Frau Arnold, Herrn Krompaß, Herrn Althause und Herrn Uhlig der Fa. Degussa, München, für fachliche und tatkräftige Beratung.

Herrn H. Egger, Fa. Repro-Ring, München, danke ich herzlich für die Unterstützung bei den umfangreichen fotografischen und tabellarischen Arbeiten.

LEBENSLAUF

Persönliche Daten:

Name:	Willi Triltsch, geboren am 7.7.1951 in Freising
Adresse:	Prinzregentenstr. 7, 8200 Rosenheim
Staatsangehörigkeit:	deutsch
Eltern:	Wenzel Triltsch, Prokurist geboren am 11.4.1907, verstorben am 23.7.1972 Maria Triltsch,geb. Weissenbach geboren am 11.9.1916

Bildungsmäßiger Werdegang:

1957-1962	Volksschule in Schloßberg/Rosenheim
1962-1971	Staatliches Finsterwalder-Gymnasium Rosenheim 19.6.1971:Reifeprüfung
1971-1972	Wehrdienst in Brannenburg/Degerndorf bei Gebirgspionierbatallion 8 vom 1.7.1971-31.10.1972
1972-1973	Praktikum im zahntechnischen Labor Bierwirth & Winge, Rosenheim vom 1.11.1972-31.10.1973
1973-1976	Studium der Veterinärmedizin an FU Berlin 2.9.1974: Naturwissenschaftliche Vorprüfung
1977-1979	Studium der Zahnmedizin an der Julius-Maximilians- Universität Würzburg 31.10.1978: Zahnärztliche Vorprüfung
1979-1982	Studium der Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilians- Universität München 21.12.1981: Zahnärztliche Prüfung 29.12.1981: Bestallung als Zahnarzt
1982	Seit 15.3.1982 Assistent in zahnärztlicher Praxis in München

Rosenheim, den 1.Dezember 1982

Willi Triltsch